



Memorias

*XXX Congreso
de la Sociedad Colombiana
de Entomología*



SOCOLEN

**Julio 17, 18 y 19 de 2003
Cali, Colombia**

**Memorias
XXX CONGRESO**

**SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA
SOCOLEN**



Corporación Universitaria Autónoma de Occidente

Cali, Colombia

17,18 Y 19 de Julio, 2003

ENTIDADES ORGANIZADORAS
XXX CONGRESO SOCOT 2002



Sociedad Colombiana de Entomología

Junta Directiva

2002 - 2004

Presidente

Miguel Santiago Serrano R.

Vicepresidente

José Ricardo Cure H.

Secretario

Fernando Cantor R.

Tesorero

Adriana Saenz Aponte

Vocales Principales

Paulina Muñoz de Hoyos

Graciela Pinzón

Dimitri Forero

Vocales Suplentes

Maria Teresa Almanza

Edison Torrado L.

María Mercedes Pérez

Revisor Fiscal

Ariel Palomino Ulloa

**Memorias
XXX CONGRESO**

**SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA
SOCOLEN**



Corporación Universitaria Autónoma de Occidente
Cali, Colombia
17, 18 Y 19 de Julio, 2003

ENTIDADES ORGANIZADORAS XXX CONGRESO SOCOLEN



SOCOLEN – Comité Regional Valle del Cauca
<http://socolen2003.univalle.edu.co>



Departamento de Biología - Universidad del Valle



Centro Internacional de Agricultura Tropical



Semillas Valle



Corporación Universitaria Autónoma de Occidente

ENTIDADES ORGANIZADORAS
XXX CONGRESO SOCOLEN

SOCOLEN – Comité Regional Valle del Cauca
<http://socolen2003.univalle.edu.co>



Departamento de Biología - Universidad del Valle



Centro Internacional de Agricultura Tropical



Semillas Valle



Corporación Universitaria Autónoma de Occidente





Presentación

Hace algo más de un año, cuando decidimos aceptar la organización del XXX Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN) entendíamos que el desafío era mayúsculo en cuanto a la dedicación y volumen del trabajo. Hoy, para nuestra fortuna y completa satisfacción, es muy placentero percibir una gran acogida por parte de estudiantes y profesionales quienes, desde distintas latitudes y los cuatro puntos cardinales del país, han aceptado nuestra invitación de apropiarse de los espacios del Congreso para compartir sus múltiples experiencias en los distintos campos de la Entomología.

La planificación del Congreso partió desde la innegable e impostergable necesidad de realizar un evento que sin desmedro de la calidad académica fuese económico y por ello, desde un principio, el Comité Organizador abogó por hacer una selección de invitados de honor quienes nos honraran con su presencia e ilustraran con sus conferencias especiales. Desde ya anticipamos en los simposios y conferencias, sesiones nutridas, con discusiones fructíferas sobre temas de actualidad, tales como el papel de la agroecología y de los artrópodos en el estudio y conservación de los ecosistemas, la utilidad de técnicas moleculares en la identificación de genes deseables para la transformación de organismos y en los estudios taxonómicos y la actualización sobre el estatus de nuevas plagas agrícolas en el país. Así mismo se abordararan temas que jamás pierden vigencia como son el del papel de los insectos como fuentes de alimentación en humanos y animales, la polinización y taxonomía.

En esta oportunidad las Memorias de las Conferencias Magistrales se presentan en Disco Compacto, en un formato moderno de almacenaje electrónico que favorece su consulta y conservación. Por otra parte, el desarrollo y alcance de las investigaciones entomológicas que, actualmente, se desarrollan en el país han sido compilados e impresos en una obra que reúne un total de 206 resúmenes de trabajos (entre exposiciones orales y en cartel). Debemos confesar que este solo hecho retribuye, con creces, todos los esfuerzos realizados por nuestro Comité Organizador.

En el proceso de publicar esta obra nuestro principal y constante objetivo fue el que confluyeran los valores estéticos con los propios del rigor científico. Fue nuestro deseo garantizar una herramienta que, además de su utilidad inmediata de orientación en el congreso, fuese en el futuro un elemento de consulta científica. Ingentes esfuerzos se realizaron por estandarizar y organizar la presentación de la obra sin que, en momento alguno, se comprometieran los títulos y contenidos originales de las contribuciones, ni tampoco las filiaciones de los investigadores. En consecuencia, son los autores de los resúmenes los únicos y directos responsables de la información que en ellos se condensa. Los trabajos fueron

organizados por temas, algunos ya tradicionales en nuestros Congresos: Biología, Biología Molecular, Control Biológico, Control Químico, Ecología, Entomología Médica, Entomopatógenos, Manejo de Plagas, Resistencia y Taxonomía. Los resúmenes aparecen numerados y, sin detrimento de las ya consolidadas sesiones orales (representadas con el símbolo ) en esta ocasión hemos abierto un espacio grande para las exposiciones realizadas a manera de cartel o póster (designadas con ) . Es nuestro deseo destacar la importancia, pertinencia, relevancia y validez de esta forma de presentación y de enfatizar sobre la necesidad de popularizarla en el país.

Como puede observar estimado socio, participante o asistente al Congreso, no hemos escatimado esfuerzos para poner en sus manos un documento de valor científico y con una excelente organización y decorosa presentación estética que esperamos sea de su agrado y utilidad en el futuro.

**Comité Organizador
XXX Congreso SOCOLEN**

En esta oportunidad las Memorias de las Conferencias Magistrales se presentan en Disco Compacto, en un formato moderno de almacenaje electrónico que favorece su consulta y conservación. Por otra parte, el desarrollo y alcance de las investigaciones entomológicas que actualmente se desarrollan en el país han sido compilados e impresos en una obra que reúne un total de 206 resúmenes de trabajos (entre exposiciones orales y en cartel). Debemos confesar que este solo hecho contribuye, con creces, todos los esfuerzos realizados por nuestro Comité Organizador.

En el proceso de publicar esta obra nuestro principal y constante objetivo fue el que confluieran los valores éticos con los propios del rigor científico. Fue nuestro deseo garantizar una herramienta que, además de su utilidad inmediata de orientación en el congreso, fuese en el futuro un elemento de consulta científica. Ingentes esfuerzos se realizaron por estandarizar y organizar la presentación de la obra sin que, en momento alguno, se comprometieran los títulos y contenidos originales de las contribuciones, ni tampoco las filiaciones de los investigadores. En consecuencia, son los autores de los resúmenes los únicos y directos responsables de la información que en ellos se condensa. Los trabajos fueron

Tabla de contenido

Conferencias Magistrales

- Insectos como fuente de proteína y sus aplicaciones** 1
Dr. Julieta Ramos-Elorduy Blásquez
Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México
- Biodiversidad y manejo ecológico de plagas** 39
Dr. Clara Inés Nicholls
División de Biología de Insectos, Universidad de California, Berkeley, EEUU
- Estatus del manejo de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en América Latina y El Caribe** 60
Luko Hilje
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Costa Rica
- AndinoNET: Una Iniciativa Regional de Soporte para la Taxonomía** 73
Dr. José A. Clavijo A.
Museo del Instituto de Zoología Agrícola Francisco Fernández Yépez (MIZA), Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela
Maracay, Aragua, Venezuela
- Introducción de yuca transgénica con resistencia a insectos en Colombia: Análisis de las ventajas y riesgos potenciales** 85
Dr. Paul Chavarriaga
Unidad de Biotecnología, Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Cali
- Reacciones fisiológicas del algodónero a daño de insectos** 94
Dr. Juan A. Landivar Bowles
Director de Servicios Técnicos para Latino América, Delta and Pine Land International

Simposios

99

Polinización

Polinizadores de frutales tropicales: No solo las abejas llevan miel al panal

100

Dr. Jorge E. Peña

Centro de Educación e Investigación Tropical, Universidad de Florida.

Cambios en el paisaje y sus implicaciones para las interacciones planta-polinizador

118

Dra. Carolina Murcia

Wildlife Conservation Society.

Abejas silvestres y polinización

119

Dra. Guiomar Nates

Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Biología Molecular

Uso de herramientas moleculares en el control biológico

133

Dr. Juan Manuel Álvarez

Departamento de Suelos y Ciencias Entomológicas. Universidad de Idaho, EEUU

Análisis molecular de poblaciones colombianas de *Anopheles darlingi* (Dip: Culicidae) vector primario de malaria

137

Dr. Ranulfo González

Departamento de Biología, Universidad del Valle

Insectos y conservación de ecosistemas

Caracterización de la diversidad de hormigas para la identificación de oportunidades de conservación en paisajes rurales

157

Dra. Elizabeth Jiménez

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá.

Hormigas como indicadoras de biodiversidad en paisajes fragmentados

157

Dr. Fabio H. Lozano

Programa de Biología de la Conservación, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá

Nuevas plagas para la agricultura en Colombia

Historia, importancia y estrategias para el control del Curculionido *Diaprepes abbreviatus* una plaga invasora del Caribe

169

Dr. Stephen Lapointe

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Laboratorio de Horticultura. Orlando, Florida

Control Biológico proactivo de la cochinilla rosada *Maconellicoccus hirsutus* (Pseudococcidae): Qué podemos aprender de la experiencia en el Caribe?

174

Dr. Miguel Santiago Serrano

Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Simposios

Polinización

Polinizadores de frutales tropicales: No solo las abejas tienen un mal al traxal

Dr. Jorge E. Peña

Centro de Educación e Investigación Tropical, Universidad de Panamá

Cambios en el paisaje - sus implicaciones para las interacciones planta- polinizador

Dra. Carolina Murcia

Wildlife Conservation Society

Abejas silvestres y polinización

Dra. Colomar Nates

Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Biología Molecular

Uso de herramientas moleculares en el control de plagas

Dr. Juan Manuel Álvarez

Departamento de Sucesos y Ciencias Biológicas, Universidad de Idaho, EEUU

Análisis molecular de poblaciones colombianas de *Anopheles darlingi*

Dra. Cecilia del Rosario García de Salazar

Departamento de Biología, Universidad del Valle

Insectos y conservación de ecosistemas

Caracterización de la diversidad de hormigas para la identificación de oportunidades de conservación en paisajes rurales

Dra. Elizabeth Jiménez

Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá

Hormigas como indicadores de biodiversidad en paisajes fragmentados

Dr. Fabio H. Luzzini

Programa de Biología de la Conservación, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá

Nuevas plagas para la agricultura en Colombia

Historia, importancia y estrategias para el control del *Chrysomelido Diaperinae* *obovifera* una plaga invasora del Caribe

Dr. Stephen Lapointe

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), Laboratorio de Horticultura, Orlando, Florida

Control biológico proactivo de la cochinilla rasada *Mecanillocoetes hirsutus* (Psendococcidae). Qué podemos aprender de la experiencia en el Caribe?

Dr. Miguel Santiago Serrano

Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Insectos como fuente de proteína y sus aplicaciones

Julieta Ramos-Elorduy Blásquez

Instituto de Biología, UNAM Apartado Postal 70-153, 04510, México, D.F. e-mail: relorduy@ibiologia.unam.mx

I. Introducción

La Etnobiología podría darnos muchas respuestas para lograr la supervivencia del ser humano en el planeta, pero pensamos que es la nueva tecnología, con bases espaciales, la vida "sintética" (en alimentos, bebidas, medicinas) lo que nos lo permitirá. Es preciso conocer en profundidad cómo fue que la humanidad en milenios anteriores manejaba el ambiente y explotaba la naturaleza de una manera equilibrada y racional. Lo dicho no significa que todo lo moderno sea basura o deba de ser desechado, sino que se necesita es un sinergismo de modelos, de usos, de formas de explotación, extracción, de conceptos, de cuidados, de un sinnúmero de pequeños detalles, los cuales en apariencia no son significativos, pero que marcan los puntos de la supervivencia y del desarrollo colectivo de muchos grupos étnicos en el planeta formando la identidad de éstos.

Tales grupos muestran no sólo el manejo y conocimiento de los recursos naturales sino su entorno mágico (psicológico, místico, conceptual) que forman parte de su cultura, de su vida, de sus mitos, ritos y leyendas, creencias, principios, valores, que a menudo desdenamos, formaron la base de la civilización actual y la sustentabilidad de sus recursos. Así pues es trascendental conocer los diferentes aspectos que en el quehacer entomológico que tuvieron estos grupos étnicos.

La aculturación avanza a pasos inusitados. Día a día se van perdiendo nuestros valores, mitos, ritos, tradiciones hábitos y costumbres. En una palabra, está en peligro nuestra IDENTIDAD y con ello, nuestra

idiosincrasia, provocando la uniformidad en la forma de vida. Parece que la GLOBALIZACIÓN nos acorrala como un pulpo, nos engulle y nos obliga a ver como ridículo todo aquello que constituye nuestra cosmovisión, "matando" en sentido psicológico las raíces y el papel espiritual y anímico que muchos recursos tienen para esta gente. Para ellos son indivisibles los aspectos humanísticos y biológicos, ya que ellos tienen una visión holística, integral, total. Esto también tiene que ver con la forma de explotación de la naturaleza donde el ser humano, muy diferente de la visión occidental, se ve separado de la misma y ésta se encuentra ahí para explotarla (Toledo, 1995).

A pesar de que los insectos constituyen el grupo de animales terrestres mayormente representados en el planeta de que su existencia en él data de muchos millones de años atrás (350) y de que los encontramos en todos los hábitat de los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas, dominando desde el punto de vista numérico y de biomasa.

Se han estudiado su adaptación a todos los fenómenos ocurridos en el planeta con o sin la intervención del hombre, y de que son los organismos que resisten más los efectos de las diversas radiaciones incluyendo la atómica, de que han elaborado compuestos múltiples para evitar ser destruidos por otros organismos entre ellos el hombre, y de que nuestra convivencia cotidiana con ellos nos hace sorprendernos de su gran adaptabilidad y de la diversidad de vías que han utilizado para poder explotar los diferentes recursos, no obstante todo ello, nuestra atención principal ha estado enfocada a su destrucción, a su abatimiento, a su desaparición.

Pero a pesar de todo lo expuesto, y de su importancia y papel relevante en el equilibrio del planeta y el que nos otorgan los beneficios (alimento, ropa, comida, medicina, destrucción de desechos orgánicos, etc.) en la preservación de los ecosistemas, al ser consumidores primarios y ser integrantes primordiales de multitud de cadenas tróficas entre otros muchos puntos, éstos desde el punto de vista de la concepción de la Etnoentomología no han recibido la atención requerida. Por ello, es necesario enfatizar los estudios etnobiológicos ya que la Etnobiología "se ocupa de establecer las interrelaciones funcionales entre las sociedades humanas y el mundo de los recursos bióticos". Esta disciplina está enmarcada dentro del desarrollo histórico de las diversas culturas en el ámbito del área geográfica del asentamiento, por ello, es un conocimiento tradicional, cultural e histórico.

En el Instituto de Biología de la UNAM empecé hace 25 años la línea de investigación "Los Insectos Comestibles como una Fuente de Proteínas en el Futuro", en donde me aboqué primordialmente al estudio de ello por medio del trabajo de campo, y en el mundo, por medio del trabajo bibliográfico. Ello debido a la repercusión que una mala alimentación tiene y ha tenido a lo largo de los siglos en los individuos y en el desarrollo y mejoramiento de un país como el nuestro, el cual en general está clasificado en su mayor parte con mala y muy mala alimentación, donde la ingesta de proteínas y de calorías no es suficiente para alcanzar una "buena nutrición", con las consecuencias aunadas a ello, como son el letargo, la apatía y la falta de toda ambición. Incluso los latinoamericanos hemos sido calificados por Dumont (1963) como los "peones perfectos" porque no pensamos y podemos realizar trabajos duros sin afectar el corazón, ya que no acumulamos grasas, y ello ¿en qué se podría traducir? Será que somos totalmente dependientes, controlables y manipulables, y con el llamado "progreso", llegará a un grado tal que Huxley con su "Mundo Feliz" se quedaría corto. Morgan (1983) asevera "la pobreza es la forma moderna de esclavitud".

Si analizamos esta situación estadísticamente, vemos que un porcentaje significativo de la humanidad padece hambre y otro tanto de la dimensión está desnutrido y/o malnutrido, lo que está en relación con las curvas de explosión demográfica.

La FAO en 1999 reportó 815 millones de personas subnutridas en el mundo, y 777 millones de ellas pertenecen a los países subdesarrollados o sea el 95.34%, solo 27 millones, es decir, 3.31% a países en desarrollo y 11 millones que equivale al 1.36% a países industrializados.

La OMS (1990) declara que el 3% de los niños del mundo están afectados por desnutrición severa con una eficiencia extrema, que llega a ser del tercer grado, que un 25% de ellos padece desnutrición moderada o sea de segundo grado y que un 40-45% tienen una desnutrición de primer grado.

La UNICEF en el 2002 declaró que en México hasta 1996 el 12% de los niños nacía con bajo peso y padecía desnutrición (aguda, moderada o severa), que el 14% de los infantes menores de 5 años igualmente la tenían y que el 22% de los niños presentaba desnutrición crónica.

Los insectos han jugado un papel trascendental tanto en las sociedades primitivas, como las preindustriales e industriales por las funciones trascendentales que realizan. La entomofagia data de la época de Aristóteles y llega hasta nuestros días (Ramos-Elorduy, 1999). Existen diversos reportes del consumo de insectos a través del mundo (Grecia, Roma, Alejandría, Asiria, Alemania, Italia, India, Rusia, Africa, Suecia, Arabia, toda Asia, Moldavia, Polonia, Francia, Indochina, Tailandia, Zaire, Sudáfrica, Australia, Estados Unidos, Nueva Guinea, Nueva Caledonia, Congo, República Central Africana, Botswana, Nigeria, Marruecos, Tánger, Egipto, Guinea Portuguesa, Benin, Kinasha, Mozambique, Tanzania, Colombia, Venezuela, Brasil, Perú, Ecuador, Panamá, Honduras, Guatemala, Costa Rica, San Salvador, Paraguay, Bolivia, Guyanas, China, etc.

Igualmente se les menciona en libros sagrados como son: la Biblia y el Corán, y en libros especializados que reportan insectos comestibles en diversas partes del mundo, como el Bergier, (1941), Bodenheimer (1957), Taylor (1975), Lenko y Papavero (1975), Ramos-Elorduy y Conconi (1974, 1975, 1989, 2002), Malaisse (1997), Posey (1980, 1986), Mitsuhashi (1980-1999), Sutton (1988) y Arana (1991-2002), entre otros.

El tipo de vida de la gente asentada en las áreas rurales, generalmente con una economía natural o de subsistencia, unido a la imperiosa necesidad de buscar alimento para su supervivencia, incrementó su observación intuitiva y el análisis empírico que de la naturaleza hacían, lo que dió una continuidad a la explotación del recurso, haciéndolo sustentable, ésto es probado en México para algunas especies (96) por al menos 500 años. Forzosamente ésto conlleva un buen conocimiento y manejo de ellas, haciendo una selección sobre aquellos recursos que fueren mas abundantes y más fáciles de obtener, y los insectos son tan abundantes, que por ejemplo, dice que uno de cada cuatro animales vivientes en el planeta, es un escarabajo, Ratcliffe (1990).

II. Papel trascendental de los insectos

Los insectos intervienen en la vida anímica y espiritual en muchos grupos étnicos. Sin duda porque al constituir la mayor biomasa del planeta, el hombre no iba a dejar de aprovecharlos, observarlos, mencionarlos y reverenciarlos, ya que como en psicología se dice “lo que más anhelamos es lo que se ve cotidianamente”, por ello muchas especies se vuelven modelos de comportamiento, laboriosidad, orden, limpieza, belleza, colaboración, armonía, ferocidad, astucia, organización, etc. así también como modelos para las artesanías, para el arte, la poesía, la pintura, la escultura o bien como adornos y en la diversión y el esparcimiento como en China y Tailandia (Ramos-Elorduy, 2000). Así como de modelos biocibernéticos e incluso en los estudios realizados en Inglaterra sobre cómo sería la vida en otros planetas de acuerdo a las condiciones mostradas por el telescopio Hubble. Se toma en cuenta cómo es que se modificaría su forma, estructura y tamaño y tipo de vida (Discovery Channel 2002, Programa Nuevas Vidas).

De manera que los insectos tienen significados místicos, mágicos, religiosos, medicinales, alimenticios, como modelos, etc. (Cuadro 1).

Muchas veces también hay leyendas o tradiciones, que están en la conciencia colectiva oral y que fueron contadas por los abuelos en donde un insecto está involucrado y de los cuales abundan por ejemplo en el Popol Vuh (Recinos, 1947).

Es importante señalar que los insectos comestibles constituyeron también tributos para los emperadores Aztecas, como por ejemplo los escamoles, el gusano de maguey, y también ciertas mariposas (Durán, 1867). Si el tótem no era ingerido, existía el peligro de que este insecto no existiera en número suficiente para ser utilizado subsecuentemente como fuente de alimento, tal es el caso de las Witchey Grubs, de las Honey pots, o sean las hormigas mieleras, la mariposa Bugong (Campbell, 1926; Flood, 1980; Spencer 1914), etc.

De las 63 asociaciones hasta ahora reportadas, el 89% son positivas. Con ello vemos el valor que las antiguas culturas otorgaban a este grupo animal, en donde se consideraban escarabajos, mariposas, chinches, abejas, avispa, abejorros, libélulas, chapulines, grillos, moscas, etc, como animales sagrados. Tan sólo en México, a mi entender tenemos cinco deidades.

III. Algunas características sobresaliente de los insectos

Pero, ¿qué ha hecho de los insectos un grupo tan exitoso, y con ello “aprovechable” por los seres humanos? En efecto, los insectos poseen características importantes que han permitido su explotación a lo largo de los siglos (Cuadro 2) muchas especies provienen del Carbonífero, de suerte que vieron nacer otros grupos animales y vegetales en el planeta, incluyendo al hombre, han vivido en las diversas eras de la Tierra y se han adaptado a los varios e importantes fenómenos biológicos, geográficos, geológicos y ecológicos que ha sufrido el planeta e incluso podemos decir que se han “adaptado” a la encarnizada lucha que el hombre ha efectuado para destruirlos, para exterminarlos, pero ¿quién resultó más perjudicado? ¿Quién en realidad ha triunfado en esta guerra? ¿Quién ha empleado un gran número de vías para continuar con la supervivencia de la especie? Todos conocemos este terrible combate y sus consecuencias altamente negativas para el hombre (contaminación ambiental, variedades resistentes, mayores dosificaciones, sinergismo con varios compuestos y concentraciones de sustancias biocidas) en donde los insectos han resultado victoriosos.

Cuadro 1. Significados y pragmatismo de algunos insectos comestibles

País	Insecto	Significado y Etnias
México (Ramos-Elorduy y Pino 1988)	Jumiles (<i>Edessa cordifera</i>)	Renacimiento, comunicación con el más allá; alivia dolor y bocio. (Nahuas, Xochimilcas).
México (Heyden, 1979)	Xochiquetzal (<i>Papilio multicaudatus</i>)	Belleza, amor, la poesía, la flor, el fuego, el movimiento, representación de las almas. (Nahuas, Aztecas).
México (Heyden, 1979)	Itzapapalotl (<i>Rotschildia orizaba</i>)	La guerra, el alma de las mujeres muertas en parto. (Aztecas).
México (Rule, 2000)	Mariposa	Entre los Toltecas la mariposa representaba el Sol Espiritual Central como se ve en los Atlantes de Tula,
México (Darchen, 1984)	Ah Mucen Cab (<i>Melipona beechei</i>)	Entre los Mayas representa la explotación, el manejo, la inocuidad, la comunicación con el más allá
México (Lipp, 1991)	Hormigas	Para los Mixes de Oaxaca, su ingestión lo convierte en alguien fuerte y feroz, por lo tanto simboliza la virilidad, la fortaleza, la valentía.
México, EU, Canadá, Brasil, Venezuela Y Perú (Berlin, 1978, Hitchcock, 1962, Possey, 1986, Hogue, 1987, Myer, 1894, Weiss, 1927)	Varios insectos Tótems	Diferentes especies de insectos como escarabajos, chapulines, grillos, avispas, se erigieron como Tótems entre diferentes culturas amerindias en sus religiones y cosmologías. (Diversas etnias)
EU (Frazier, 1930)	Luciérnagas	Para los Apaches jicarilla es el Dios del Fuego
EU (Turner 1977)	El gran escarabajo	Para los indios Cherokees el gran escarabajo formó la tierra (Creador)
EU (Turner, 1977)	Mariposa	El creador para los indios Pima
EU (Wright, 1977)	Mariposa	Kashina doll Divinidad de los Hopi representa el alma
Brasil (Liebrecht F. 1886)	Tucandeira (<i>Dynopodera spp.</i>)	Es signo de virilidad para varias tribus amazónicas, los hombres jóvenes son picados en ceremonias de iniciación en la pubertad. (Jíbaros)
Italia (Demirionde 1968; Schlam, 1976)	Mariposa	Entre los Romanos la mariposa representaba la Diosa Psyche que representa el alma y el renacimiento a un estado más elevado
Grecia (Schimitschek, 1977)	Abeja	Para los Griegos era Mylitta, la Diosa o Madre abeja
Francia, Grecia y China (Duret, 1995)	Cigarra (<i>Cidada orni, Lyristes plebejus</i>)	Alma, alegría, abundancia. (Chinos, Mongoles, Franceses, Celtas y Romanos).
Israel (Biblia), (Soler, 1996)	Hormigas	Símbolo de humildad y modestia virtudes que enseñaron al rey Salomón. (Judíos).
Sudáfrica (Schimitschek, 1974)	Manta (<i>Mantis religiosa</i>)	Dios de la creación entre los Bushman.
África (Ramos-Elorduy Et Al. 1998)	Hormigas	Son símbolos de fertilidad (Bambona y Dogones)
India (Stutley M., & J. Stutley, 1977)	Hormigas	Para los Hindúes los primeros habitantes del planeta eran hormigas y los hormigueros representan a la Tierra.
Nueva Caledonia (Boulard, 1995)	Libélula	El espíritu de los muertos. Muestran la fiereza, la ligereza, la modificación y el alma de los ancestros. (Aborígenes).

Cuadro 2. Algunas características importantes de los insectos

1. Tiempo de permanencia en la Tierra.
2. 90% del reino Animal son invertebrados.
3. 4/5 de éste son insectos.
4. Presentan la mayor biodiversidad en el medio terrestre y dulceacuícolas.
5. Grado reproductivo elevado.
6. Gran adaptabilidad a las condiciones del planeta y a sus recursos.
7. Creación de vías bioquímicas para neutralizar venenos.
8. Fácil capacidad de mutación y readaptación.
9. Amplia territorialidad tanto los que tienen alas como los que no.
10. Colonizan diversos hábitat, en muchas especies los estados inmaduros se encuentran en un medio y los adultos en otro.
11. En general, tienen poblaciones muy abundantes.
12. Generan una diapausa cuando las condiciones bioecológicas son adversas.
13. Necesitan poco alimento.
14. Localización en todos los ámbitos de la Tierra, pero principalmente en las áreas tropicales y subtropicales.
15. Se les encuentra en el suelo, hierbas, arbustos, árboles, madera, desechos, hojarasca, minas de sal, charcos de petróleo, etc.
16. Su germoplasma si bien ha sido afectado, se conserva la mayor parte.
17. Dominancia en el planeta.

IV. Forma de obtención de los insectos comestibles

IV.1. Colecta. La forma de recolección de los insectos comestibles, varía dependiendo de si el insecto se localiza en el agua o en la tierra, de si lo que busca es el estado inmaduro o el adulto, de si éste vuela, corre o brinca, de la amplitud del nicho ecológico donde se encuentra, de la densidad de sus poblaciones, del gusto por su ingestión y de la demanda que para el mercado tenga tal ó cual especie de insecto. Además de si estos se van a utilizar para ingestión inmediata ó si se van a almacenar, si se van a preparar ó si se van a vender al mayoreo o al menudeo (vivos, secos, frescos o ya preparados).

La colecta manual. Ésta es la forma mas común de recolectar a los insectos comestibles. Generalmente así se hace con los que van a ser utilizados para ingestión inmediata, debido a que las cantidades recolectadas de esta forma son pequeñas, se puede decir que es sólo para una porción personal y / o

familiar y no pasa de 250 gr. a 500 gr., colocándolos la mayoría de las veces en una bolsa de plástico o en el interior de un recipiente de barro. Tal es el caso de los *chapulines*, *chinchas*, *cigarras*, *cóccidos* o del *periquito de aguacate*, así como de algunos escarabajos adultos o incluso de los piojos, los cuales se ingieren al instante, o de larvas de mariposa que se encuentran en la superficie de la planta o del tronco, al igual que los gusanos de los palos.

La colecta con instrumentos. Cuando los organismos se encuentran bajo tierra se utilizan palas, barretas y / o picos, con objeto de removerla y quitar las piedras o partir la roca, como es en el caso de la colecta de *escamoles*, hormiga mielera, o de las hormigas *chicatanas*, así como de la avispa de tierra y abejorros.

Quando los insectos se encuentran dentro de los troncos (en diferente estado de deterioro), se utilizan, hachas, machetes y/o cuchillos, con objeto de exponer a los organismos, los cuales son tomados manualmente o ayudándose con el cuchillo. Tal es el caso de los

llamados "gusanos de los palos", que corresponden a diversas especies de escarabajos que se consumen mayormente en estado larvario, o del "gusanillo", una larva de mariposa barrenadora de troncos.

En el caso de la colecta de panales de avispa, se utilizan "garrochas" o sea palos muy largos y delgados, u otros como los adaptados para cortar la fruta. En este caso, se presiona la punta de éstos contra la base del panal, con objeto de separarlo del substrato y poderlo tirar, en el momento en que éste cae al suelo, los adultos de las avispas huyen y después de un rato, se espera a que ya no haya más adultos que puedan sacarlos, se recoge el panal con la miel y con la cría y se transporta a casa para cocinarlo y comérselo.

Muchas especies de insectos se recolectan con redes, de diferentes tamaños, formas y material, con las cuales se capturan grandes cantidades de ellos, ya sean del medio terrestre o acuáticos, así vemos que las mas durables y efectivas son aquellas hechas de malla de plástico de 2 mm de diámetro, éstas, van unidas a un bastón de madera de diversa longitud. Con ella se capturan *chapulines*, mariposas, avispas, chinches, en cuantiosa proporción en el medio terrestre, o bien de insectos acuáticos, como el *axayacatl*, los cucarachones de agua, los escarabajos acuáticos, los efemerópteros o moscas de mayo, o también ciertas larvas de tricópteros.

En los valles centrales de Oaxaca, durante la temporada de lluvias se pueden capturar 150 kg de *chapulines* por día/familia. En otras partes del mundo, por ejemplo en el norte de África los Touareg en lugar de redes para recolectar *chapulines*, utilizan una sábana larga, cogida por varios hombres que van avanzando, en los extremos hay un hombre que lleva una palangana a la cual le pega con una cosa metálica para hacer ruido. Los *chapulines* van brincando sobre la sábana y cuando ya hay suficientes, rápidamente la cierran para formar un saco donde quedan atrapados (Bergier, 1941).

Cuando se trata de avispas subterráneas, de abejorros o de abejas con sin aguijón, en donde para no sufrir los peligrosos piquetes o mordidas, se aísla a los adultos. Esto consiste en hacer que humo de leña verde llegue a la entrada del nido y penetre, lo cual hace que éstos salgan huyendo. Para ello es necesario que se fijen dónde hacer la fogata con relación a la dirección e intensidad del viento.

IV.2. Cebos. En algunos casos, por ejemplo para recolectar a los grillos, que son nocturnos, se ponen cebos dentro de un agujero que se hace en el suelo cerca de la casa. Ahí se colocan restos de alimentos. Después de un tiempo se buscan y se sacan manualmente. También, si se quiere recolectar un panal, como el de la avispa zapatona, se pone sobre un palo largo un cebo, éstas se acercan a comérselo y luego el campesino las sigue y así localiza el panal.

IV.3. Preservación. La preservación de los insectos comestibles generalmente se hace por secado, al sol o en el comal, guardándose después en bolsas de papel estraza, en bolsas de malla de plástico o incluso en costales de tela o de plástico.

Después de recolectarlos, se vierte el contenido de la red en una batea u otro recipiente y se separan de éstos los restos de hojas o de otros organismos, para dejar solo a los insectos aludidos y prepararlos, a manera como los campesinos van separando los granos de los cereales de los tallos.

Algunas especies de insectos, previo al secado, se dejan en ayuno durante un día, con objeto de eliminar el contenido del tubo digestivo lo que puede hacer cambiar su sabor, como es el caso de los *chapulines*. Luego se pone a hervir agua con sal; ya hirviendo, los vierten en ella, una vez que han virado al color rojo, los sacan y los ponen en el comal a secar, o al sol, una vez secos, los guardan y almacenan para autoconsumo o venta.

En el caso de los xamúes, *axayacatl*, escarabajos, *periquitos*, etc, únicamente los secan en el comal y los almacenan.

En el caso de la *cuecla*, el mantecoso, las larvas de la mariposa del muerto, etc., los preservan en salmuera. Para ello ponen a hervir agua saturada de sal, ahí vierten a los organismos y una vez que el agua casi se ha evaporado, se sacan y se secan en el comal, siendo así preservados y almacenados.

IV.4. Preparación. La gran mayoría de los insectos se consumen asados, en el comal, agregándoles sal y/o salsa de chile y poniéndolos en tortilla, haciéndose el taco. Muy pocas especies se comen vivas, como es el

caso de algunas especies de *jumiles* o la hormiga mielera.

Los insectos comestibles también constituyen parte de platillos tradicionales como los tlacoyos rellenos de gusano rojo, las quesadillas rellenas de gusanos de los palos o del gusano blanco de maguey o de los gusanos del nopal, los tamales rellenos de *chicatanas*, *axayacatl* o de *padrecitos*, los sopes condimentados con *gusano blanco de maguey*, *coxas*, *chiquereis* o *gusano elotero*, en cuyo caso se incorporan los insectos asados, fritos y/o guisados con yerbas de olor.

También se adicionan a diversos moles (*escamoles*, *gusano de nopal*, *xamues*), a salsas con o sin picante (*botija*, *chicatanas*, *jumiles*) o bien mezclados con cebolla, ajo, perejil y/o pápalo (*Gusano blanco*, *escamoles*, *gusanos de los palos*) y/o, revueltos con huevo (*escamoles*, *chicatanas*, *abejas* y *avispas*), en mixiote (*gusano blanco* y *escamoles*), o simplemente agregándolos en la sopa de arroz (*xamues*, *jumiles*) o en la sopa aguada (*coxas*, *xochiquetzal*). O bien únicamente se ofrecen como botanas para los invitados especiales que se desea halagar (*chapulines*, *chicatanas*, *cuecla*).

Actualmente, muchas especies de insectos comestibles forman parte de la carta de restaurantes de gran prestigio de la capital o de otras capitales del Mundo (Amberes, Nueva York, Houston, San Francisco, Tokio, París Bangkok, etc.), constituyéndose así en platillos de gourmets debido a su delicado y apreciado sabor y a su elevado costo. Algunos restaurantes ponen anuncios de los insectos que ofrecen su panfletos, periódicos, en el radio o en la televisión.

En Estados Unidos, para conmemorar el Centenario de la Sociedad Entomológica Americana se ofreció un banquete de guisos de insectos, 100 diferentes platillos y el Newsweek en octubre pasado, anunció a un Chef de Nueva York que realiza 550 diferentes recetas con grillos. Además, en las tiendas se ofrecen paletas, dulces para niños, que llevan incluida una larva de insecto y un grillo, que la empresa americana Lux y Hotlix ofrece.

El consumo de los insectos comestibles supone desde un simple asado o incluso comerlos vivos, hasta un muy sofisticado guiso propio de verdaderos gourmets.

V. Biodiversidad

La famosa y buscada sustentabilidad no existe y sólo es mantenida por unas etnias del planeta, 3/4 partes de la Tierra están sobrepobladas y muchas de sus tierras se están perdiendo por erosión, el 70% de los arrecifes de coral están en peligro, y así podemos seguir dando ejemplos. Además, existen 8 millones de personas malnutridas en el mundo 1,600,000 seres que mueren por inanición, 3 millones que mueren por contaminación atmosférica y 3 millones más por agua contaminada, eso sin contar que la mayor parte de los seres humanos ganan menos de 2 dólares al día.

Se calcula que para el año 2025 existirán 10,000 millones de habitantes en este mundo y que las luchas futuras serán entre los países que tengan agua y los que no la tengan, entonces, habría que preguntarse ¿qué significa *biodiversidad*? Y se podría recurrir a los diccionarios y ver lo que explican, pero para mí en realidad *biodiversidad* es sinónimo de *vida*, de la *supervivencia del hombre* en el planeta, por ello, el tratar de preservarla no es cuestión de papeles o de acuerdos, sino de saber si podremos seguir viviendo en este mundo, y en este caso la *etnobiología* en general, y la *etnoentomología* en particular, tienen un papel crucial.

V.1. Erosión del germoplasma. La depredación indiscriminada, la destrucción de los hábitats cada vez mayor, aunada a la disminución constante de la biodiversidad vegetal y animal, ha provocado que, para determinados habitantes de la tierra, sobre todo aquellos de la mayoría de las áreas

Hay que establecer NUEVOS PARADIGMAS BIOECOLÓGICOS, ya que los recursos naturales tienen actualmente un enorme valor estatégico, económico, cultural y social en todo el mundo más aún en nuestro país, donde constituyen la clave de la subsistencia humana. También es preciso modificar la forma de intercambio de recursos y de los productos no por dinero que en su mayor parte es virtual sino por algo más provechoso para países subdesarrollados.

V.2. Preservación del germoplasma. La preservación de la biodiversidad de los insectos es muy importante, ya que ellos son:

- Más tala de bosques para abrir tierras al cultivo, actualmente en México el problema tiene dimensiones aterradoras.
- Más superficie agrícola para alimentos y también solo para monocultivos.
- Más contaminación y menos cuidado del medio ambiente terrestre y acuático.
- Más aspersión de sustancias biocidas.
- Cambios de clima en el planeta y cambios de temporadas de las estaciones de secas y de lluvia.
- Adquisición ilegal de los recursos genéticos del país.
- Los recursos no son reconocidos, ni valorada la función de cada uno de los organismos en los ecosistemas.
- Falta de ética y actitudes responsables ante la explotación de un recurso.
- Falta de un interés por conocer el rico saber tradicional que la gente tiene de los recursos y/o la extraordinaria riqueza y diversidad cultural acerca de su manejo y sustentabilidad.
- Es necesario crear conciencia acerca del valor de los recursos desde el comienzo de la vida de los infantes, con objeto de forma códigos de ética y respeto hacia éstos por las futuras generaciones, y así asegurar su persistencia en el planeta.
- Evitar saqueo de recursos humanos y profesionales.
- Los suelos agrícolas han sido afectados por las máquinas que penetran más allá de la dimensión requerida en la tierra, lo que no hacía el arado usado por siglos, así como por la acción de los compuestos contenidos en herbicidas, insecticidas, fertilizantes, etc. que afectan el buen funcionamiento del suelo.
- La gente continúa haciendo acopio de este recurso por tradición alimenticia, pero debemos darnos cuenta de que con la manipulación genética y tecnología de alimentos, desconocemos lo que ingerimos en realidad y nos atrevemos a decir que hay una lucha de desconocimientos, ya que en general el hombre desconoce a los insectos en sí (bioecología, especies, etología de éstas, etc.), y a las potencialidades que tienen y/o sus usos actuales, por lo que la lucha contra ellos es dar palos a ciegas.

- Consumidores primarios tanto del medio terrestre como el acuático.
- Concentradores de sustancias nutritivas y de principios activos.
- Intervienen en un gran número de cadenas alimenticias de diversos grupos animales.
- Varios organismos tienen un papel crítico en el ecosistema.
- Son recicladores importantes de múltiples desechos orgánicos, vegetales y animales de manera natural, y gracias a su acción el ciclo de la transformación de los elementos se efectúa de una manera rápida.
- La gente rural que los explota tiene un conocimiento de los tiempos de explotación de cada especie insectil el cual hay que difundir con objeto de no provocar una baja en la población o la extinción de la (s) especie (s).

- Ayudan a los seres humanos a tener alimento, ya que su papel como polinizadores de cultivos hortícolas y frutales incrementa la productividad.
- El 90% del germoplasma de los recursos en general se encuentra entre los grupos étnicos del planeta (Posey, 1998) por lo que hay que tomar en cuenta su conocimiento ancestral en cualquier acción que se emprenda.
- Sus excretas, provenientes de los cultivos de reciclaje que se implementaran, se pueden utilizar como abono orgánico en sus cultivos evitando que los suelos se vuelvan flojos. (Ramos-Elorduy et al., 2001).

V.3. Entomobiodiversidad. Los insectos son un grupo animal cuya biodiversidad, si bien es muy grande, se desconoce la totalidad de la misma. Algunos autores, como Wilson (1985), aseveran que existen 751,000 especies, mientras que Mittenmeyer (1988) postula que

existen de 3 a 4 millones de especies insectiles, sin embargo, en cuanto a insectos comestibles se refiere el número censado hasta la fecha se constituye de 504 especies para México, las cuales han sido rastreadas mediante estudios de campo, entre diversas etnias del país, de éstas el 83% pertenecen a insectos del ámbito terrestre y sólo el 17% a ecosistemas acuáticos continentales. Asimismo, el 55.79% de ellas se consumen en estado inmaduro (huevecillos, larvas, pupas, ninfas), y el 44.21% en estado adulto, siendo algunas especies consumidas en todos los estados de desarrollo.

V.4 Biodiversidad de los insectos comestibles en México. En México se consumen 13 de los órdenes de la clase Insecta, 3 netamente acuáticos y 3 con familias presentes en aguas continentales, de estas especies el mayor número de especies censadas corresponde al orden Coleoptera (119), luego el Hymenoptera (101), seguido por los órdenes Hemiptera (90), Orthoptera (78), Lepidoptera (45) y Homoptera (38), en el resto el número de especies varía de 1 a 15.

rurales del mundo, cuentan cada vez con menos fuentes de obtención de proteína animal, provista por animales de talla significativa y son ellos los que más han recurrido y recurren actualmente a los insectos para su alimentación como lo hemos ya señalado. Además existen factores diversos tales como:

Cuadro 3. Biodiversidad de los insectos comestibles registrados para México (2002)

ORDEN	FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES
Anoplura	1	1	1
Ephemeroptera	3	3	4
Odonata	3	5	6
Orthoptera	5	42	78
Isoptera	1	1	1
Hemiptera	8	33	90
Homoptera	4	12	38
Neuroptera	1	1	1
Coleoptera	22	66	119
Trichoptera	3	3	5
Lepidoptera	16	31	45
Diptera	7	10	15
Hymenoptera	6	33	101
Total	80	241	504

En relación con el número de familias representadas (80) que están en cada uno de los órdenes, la mayor biodiversidad de ellas se muestra en los órdenes Coleoptera (22) y Lepidoptera (16), posteriormente representadas están los Hemiptera con 8 familias, Diptera con 7, Hymenoptera con 6, Orthoptera con 5, Homoptera con 4, y con 3 familias registradas están los órdenes los Ephemeroptera, Odonata y Trichoptera, y con una familia los órdenes Anoplura, Isoptera y Neuroptera.

El número de géneros determinados asciende a 241, de los cuales el orden Coleoptera alberga el mayor número de ellos (66), luego Orthoptera con 42 géneros censados, posteriormente Hymenoptera y Hemiptera con prácticamente la mitad de especies (33), y Lepidoptera con 31 géneros censados, posteriormente los órdenes Homoptera (12) y Diptera con 10 géneros, el resto de ellos alberga de 1 a 5 géneros.

Además, podemos advertir que la mayor parte de ellos en el orden Coleoptera son monoespecíficos, al igual que en el Lepidoptera, Anoplura, Ephemeroptera, Isoptera, Neuroptera, Trichoptera y Diptera.

V.5. Biodiversidad mundial de los insectos comestibles. En el mundo se consumen 14 órdenes de la clase Insecta, es decir que, además de los 13 órdenes registrados para México, se consumen los "pescaditos de plata" o sea, los del orden Thysanura.

Para registrar a las especies de insectos comestibles en el mundo, recurrimos a revisiones bibliográficas en diferentes revistas mundiales especializadas, de alimentación, de antropología, nutrición, geografía humana, biología, ecología, entomología, etc., reportes de la FAO y de la WHO, diversos libros al respecto, así como las crónicas de los viajes realizados a diversos países exóticos, libros de Antropología de la alimentación, nutrición, etc. y solo algunas especies, correspondieron también a las censadas personalmente, por los acuerdos realizados con diferentes instituciones, y/o universidades de diversos países, con los que se estableció algún convenio para este tipo de estudios. El número total de especies registrado en el mundo hoy en día es de 1681.

Considero que esta cifra no representa ni minimamente la realidad, ya que son muy escasos los estudios

Cuadro 4. Número de insectos comestibles registrados para el mundo (2002)

Orden		No. de especies
Thysanura	(Pescaditos de plata)	1
Anoplura	(Piojos)	3
Ephemeroptera	(Moscas de mayo)	19
Odonata	(Libélulas)	29
Orthoptera	(Chapulines, cucarachas y grillos)	267
Isoptera	(Termitas)	61
Hemiptera	(Chinches)	102
Homoptera	(Cigarras, cigarritas y cóccidos)	78
Neuroptera	(Manfes)	5
Lepidoptera	(Mariposas diurnas y nocturnas)	253
Trichoptera	(Cargapalitos)	10
Diptera	(Moscas y mosquitos)	34
Coleoptera	(Escarabajos)	468
Hymenoptera	(Hormigas, abejas, avispas)	351
T o t a l		1681

respecto a la verdadera cantidad que de insectos comestibles se consume en el mundo, ya que hoy en día somos los pioneros en postularlos como una fuente de proteína en el futuro y de emprender este tipo de estudios sistemáticamente demostrando el papel tan significativo que en la alimentación y en otras áreas de la ciencia poseen los insectos.

El número de países que consumen insectos asciende a 102 divididos entre los cinco continentes de la Tierra, entre los que América es aparentemente por los datos recabados hoy en día el continente más entomófago, le sigue África, luego Asia, Australia y Europa. En años anteriores no era así, pues África era el continente más entomófago, aun sin haberse hecho estudios entomofágicos de una manera sistemática (Ramos-Elorduy, 1997).

Ahora es América debido a que nosotros constantemente seguimos rastreando especies de insectos comestibles en nuestro país y otros países del continente, como Brasil, también han reportado un mayor número de especies de insectos comestibles, por lo que el número total ha aumentado. En África el papel de los insectos comestibles fue más expuesto, ya que los conquistadores buscaban otros recursos a ser explotados por sus esclavos africanos, no se les prohibió comer su alimento habitual y solo los

observaban y anotaban en algunos lo que éstos consumían tan sólo por mera curiosidad, algunos los llegaron a probar y los consideraron “alimentos exóticos”, calificados generalmente como muy sabrosos, diferente de lo que sucedió en México, pero, por la misma razón lo permitieron ya que para los “patrones” esto no era un alimento.

Sin embargo, si analizamos el número de especies registradas contra el número de países censados que los ingieren, el índice relativo de entomofagia nos indica que en primer lugar se encuentra América, luego Asia, en tercer lugar África, en cuarto lugar Australia y finalmente Europa.

VI. Distribución geográfica de los insectos comestibles

La distribución de los insectos comestibles en el mundo abarca los 5 continentes del planeta, la abundancia de éstos en las zonas localizadas entre los trópicos. Se ingieren en el Primer Mundo (USA y Europa) en un número relativamente más bajo y pero los segundos en un área todavía menor que abarca pocos países e incluso en áreas muy frías como Alaska. En toda Asia se consumen abundantemente, al igual que en Australia y en Ucrania solo se ve el reporte de una especie en Odessa.

Cuadro 5. Consumo de insectos en el mundo (2002)

Continente	Número de especies	%	Número de países con entomofagia	Índice relativo de entomofagia	Posicionamiento
África	504	28.88	35	14.4	3
América	699	40.06	23	30.4	1
Asia	349	20.00	18	19.39	2
Australia	152	8.71	14	10.86	4
Europa	41	2.35	12	3.42	5
Mundo	1745	100	102		

En relación con los diferentes órdenes podemos decir que los estudios sobre los insectos comestibles aunque no se han efectuado de una manera sistemática, es fácil notar que los Coleoptera, Lepidoptera, Orthoptera e Isoptera son muy ampliamente consumidos en todo el continente africano, al igual que en Centro y Sudamérica, en la parte sureste de Asia y en toda la Polinesia y Micronesia y una parte de Australia.

En el caso de los insectos acuáticos (Ephemeroptera, Odonata, Neuroptera) el reporte de su consumo es más esporádico, al igual que el de los piojos (Pthriaptera).

VII. Estacionalidad de los insectos comestibles

El consumo de insectos tanto en cantidad como en número de especies va a depender del ecosistema al que nos refiramos, del lugar aludido y de la importancia del hábito entomofágico.

Pero hay que señalar que existen especies que se encuentran a todo lo largo del año, variando poco en número y hay especies que se presentan en una o varias estaciones del año, lo cual presenta oscilaciones dependiendo de las variaciones meteorológicas y climáticas de ese año, pero aunque como ya mencioné, en general, la gente solo explota a las poblaciones cuando se encuentran en su óptima situación poblacional.

El consumo de cada especie se da en una determinada época, que es cuando los insectos están presentes abundantemente, existiendo una secuencia en el consumo de la biodiversidad de especies usadas como

alimento, la cual es peculiar en cada localidad, lo que arrojaría una calendarización de estas especies en cada sitio.

VIII. Biomasa de algunos insectos comestibles

Como sabemos, los insectos constituyen grandes biomasa en la naturaleza. Según Pimentel (1980), la biomasa de invertebrados en Estados Unidos es de alrededor de 1000 Kg/ha mientras que la del ganado es de 100 Kg/ha. Lindroth (1994) dice que los grillos transforman 5 veces más rápido que las reses el recurso vegetal en biomasa aprovechable. Por lo general ésta es desperdiciada, por la aspersión indiscriminada de insecticidas, en otras, si se aprovechan capturando grandes cantidades de ellos. Algunos autores han reportado las cifras y otros sólo mencionan que los capturan cuantiosamente. Todo ello en los cinco continentes, tanto en ecosistemas terrestres como dulceacuicolas. Pero en realidad son pocos los datos cuantitativos de las diversas especies que existen en el mundo. Evans (1993) concibe que para conservar una especie hay que usarla, por lo tanto el uso que los insectos tienen de diferentes maneras haría que se preservaran las especies.

Gunn (1960) reporta en Argelia la captura de 9 toneladas de chapulines por año, Adriens (1951) en Zaire, indica que ésta es de 5 toneladas de diferentes larvas de mariposas por año en la región de Kwango. Quinn (1959), señala 35 kilos por año de solamente una especie de mariposa capturados en estado larval tan sólo por la etnia de los Bapedi en Sudáfrica e

igualmente nos apunta 20 kilos por año en la etnia de los Pedi. Muyay (1981) de la misma especie de lepidóptero pero en Zaire, reporta 150 kilos recolectados por persona y en Zambia (Holden 1991) dice es de 140 kilos por persona, en tanto que de *Imbrasia belina* reporta la captura de 90 millones de larvas en Sudáfrica (Ferreira, 1995). Beehler (1988) en Zimbawe y Botswana reporta 1600 kilos de éstas en cada uno. Y en la población de Kananga en Zaire, Kitsa (1989) 16 toneladas por año. En Camerún registra DeFoliart (1989) 5000 individuos capturados por día de un escarabajo comestibles (*Popilia japonica*). Bergier (1941) considera que una nube de langosta pesa alrededor de 22 toneladas. Beudoirin (1990) en República Central Africana capturó 1200 ejemplares por día de *Angosoma centaurus*.

En Estados Unidos, igualmente son pocos los reportes al respecto. Entre ellos tenemos los de las larvas de la mariposa *Coloradia pandora* que según Blake y Wagner (1987) se recolectan muchas toneladas al año en Estados Unidos, así como la captura del tetigónido *Anabrus simplex* del cual se recolectan de 5 a 6 toneladas por año (DeFoliart, 1989). En los ecosistemas acuáticos, Schurr (1972) asegura que los insectos forman una enorme cantidad de biomasa comestible.

Es por demás enfatizar las toneladas de miel producidos en los diversos países del mundo en donde la apicultura ocupa un lugar predominante calificándose en todos los casos de varios cientos de toneladas. Igualmente podríamos mencionar otros productos elaborados por los insectos, como cera, seda, colorantes, laca, etc.

Al hablar de biomasa, se debe pensar no sólo en la cantidad de individuos que se producen y/o se capturan sino en el gasto energético efectuado para ello. En el primer caso tendríamos a la eficiencia de conversión, o sea, el hecho de transformar en masa de su propio cuerpo, el alimento que se ingiere y en qué tiempo lo hace, en donde vamos a ver cuánta energía necesita para llevarlo a cabo, (que en los insectos es elevada). Y en el segundo caso, preguntarnos ¿cuál es el gasto energético en su obtención?, ya que si hiciéramos un análisis de la recolección de chapulines, por ejemplo, podríamos ver que en una hora, se pueden capturar de 400 a 500 kilos por día por familia durante su época de abundancia, estando integrada por 5 personas y que esta especie alberga hasta un 77% de aquella proteína,

es decir 3/4 partes de su cuerpo están constituidas por proteínas (Ramos-Elorduy et al. 1984). Además, hay que enfatizar que el 100% de la biomasa insectil capturada es aprovechable, que son igualmente fáciles de preservar y conservar por secado al sol, en el comal o en horno de tierra y así se pueden almacenar durante mucho tiempo.

También hay que señalar que hay especies polivoltinas (las que se reproducen durante todo el año), univoltinas (que se reproducen una sola vez al año), bivoltinas, etc., lo que también podría influir en la relativa biomasa que se pueda recolectar, aunque esto no es determinante, ya que aunque se reproduzcan una sola vez su grado de reproducción a menudo es descomunal.

Igualmente, habría que preguntarse, ¿cuántas generaciones de chapulines se pueden dar en el tiempo en que una res, es si cabe la expresión, cosechable y/o explotable? ¿Cual sería la diferencia de biomasa en este caso? ¿Cuánto cuesta alimentar, vacunar y mantener en buenas condiciones? ¿Cuánto de su cuerpo es aprovechable? Así podríamos analizar verdaderamente el costo-beneficio indicado, sin tomar en cuenta el esfuerzo realizado y el valor nutritivo, calidad de proteínas, digestibilidad de ellos y potencial reproductivo alto o no.

Sin duda, son los insectos sociales o aquellas especies que se llegan a constituir en plagas, es decir aquellas especies que se encuentran en grandes cantidades en una determinada área o las más suculentas, las que más se consumen, lo que indica que existe una economía de la energía en su búsqueda y obtención. Esto quizás es sorprendente para algunos autores que han elaborado ecuaciones sobre la eficiencia de captura en relación al costo-beneficio de estas, expresándolo en términos de calorías por hora, para así determinar a la especie más rentables, al maximizar la tasas de rendimiento calórico para incrementar la eficacia global

Jones y Madsen (1991) aseveran que en la captura de insectos, particularmente de *Anabrus simplex* se gastan menos calorías que en la de los vertebrados, y que la eficiencia de captura se incrementa con la experiencia pudiendo llegar a 100 000 cal/hr que es un valor muy alto.

Pero en este caso, también habría que hacer alusión a costos e inversiones que se necesite realizar y qué número de personas se requerirían y también cuántas pueden contar con ésto, adquirirlo y sostener su economía, y también habría que preguntarse ¿qué sucede con aquellas que poseen una economía natural o de subsistencia o con aquellos que cuentan con salarios míseros e insuficientes?. Los insectos son un recurso natural renovable que está ahí y para los nativos de ciertas zonas, tienen solo el costo de ir a buscarlo y recolectarlo.

IX. Papel antiguo y reciente de la entomofagia y patrones de consumo

Por otro lado, podemos considerar que conforme las sociedades se fueron asentando con el surgimiento de la agricultura y luego la domesticación, el hombre dejó el nomadismo y se restringió a áreas determinadas, explotándolas en su beneficio.

Posteriormente, con el manejo y mejora de la producción agrícola y la optimización de las cosechas mediante la mecanización, el hombre ya no necesitó buscar más alimentos fuera de su entorno. Entonces con la domesticación de diversos animales, en áreas de terreno relativamente pequeñas, se tenía proteína animal suficiente para el sustento cotidiano, más aún ahora, con el mejoramiento genético y la producción de variedades resistentes a los diversos climas y enfermedades.

Las mujeres eran las que realizaban la recolección de los insectos comestibles lo cual sucede también hoy en día, por lo tanto, hacían y hacen un uso intensivo de éstos en general, sus actividades eran simples, repetitivas, interrumpibles, no peligrosas y cercanas al lugar de asentamiento, de tal manera que el papel de la madre, además del cuidado del hogar y de los hijos, efectuó la transmisión de la tradición entomofágica, ya que los pequeños aprendían, practicaban y ejercían continuamente el consumo de insectos, por lo tanto, el arraigo y permanencia de la entomofagia se debe a ellas, y en la actualidad, además de una tradición alimenticia, de las festividades en honor de alguna especie o del uso de sus productos para sus actividades sagradas y también por no contar con suficiente dinero para comprar otras cosas, ésta se continúa preservando hasta la actualidad por lo que

podemos decir que ha sido un proceso coevolutivo. Actualmente los hombres se ocupan de recolectar de diversas especies, cuando se trata de capturar cantidades significativas para ser comercializadas o bien cuando se necesitan hachas o barretas.

Los insectos son consumidos por seres humanos de todas las razas, creencias, edades o sexos de diferentes maneras. Esto está relacionado con su bagaje cultural, existiendo en muchos casos verdaderas peregrinaciones, agrupamientos que se reúnen para ir en su búsqueda y está incluso puede abarcar caminatas de varios días comprendiendo varios kilómetros. En México por ejemplo encontramos el caso de la recolecta de los jumiles (Ramos-Elorduy, 2002, Carvajal, 2000) en los estados de Guerrero e Hidalgo.

Lo mismo sucede en otras partes del mundo, como la búsqueda de las orugas de varias especies de mariposas en África, en donde incluso se va de un país a otro, teniendo el gobierno de Zambia que hacer una ley que ponía épocas de veda con objeto de preservar las especies (IFNL).

En el área central de Australia varias etnias realizan caminatas enormes para rendir honor a sus tótems y localizar, recolectar a los anhelados insectos comestibles (Bergier, 1941) pensando en que si no lo hacían así, éste no les daría alimento para la próxima temporada.

También la religión ha jugado un papel importante en este aspecto, al aprobar la ingestión de algunos alimentos y la prohibición de otros. En el caso de los insectos si bien los encontramos mencionados en la Biblia como en el caso de Juan el Bautista que solo se alimento de langostas (chapulines) y miel silvestre (*Apis mellifera*), también existen en diferentes libros la prohibición de comer el tipo de animales que correspondería a los insectos (Arana, 2001).

X. Biogeografía de insectos comestibles

Los insectos se consumen en diversos países del mundo, ya sean “desarrollados” o no. Sin duda la mayor parte de las especies se consumen en los segundos, ya que si bien en los primeros los insectos se han transformado actualmente en “platillos de gour-

met", entre los habitantes de las áreas rurales del mundo que viven en condiciones naturales, se hace el más grande acopio de este recurso alimenticio, el cual se ingiere en mayor o menor proporción dependiendo de la región biogeográfica en donde esta gente vive.

Para determinar el por qué del arraigo del consumo insectil, en las regiones donde son más consumidos (tropicales y neotropicales), hay que considerar que este grupo tiene un alto índice de biodiversidad y abundancia y están presentes por doquier, mientras que en las regiones neártica y paleártica, tienen una menor biodiversidad y su presencia en general es sólo estacional, al contrario de lo que sucede en otras regiones donde se encuentran todo el año.

Como la dieta de los humanos es un reflejo de sus condiciones socioeconómicas y muchos de ellos poseen una economía natural o de subsistencia en dichas zonas, para incrementar su régimen alimenticio, recurren a muchos de los recursos silvestres de cada lugar. Así pueden suplir las mínimas necesidades requeridas por el organismo. Podemos aseverar que cada origen geográfico está asociado a su estilo de vida propio, lo cual está ligado a hábitos y costumbres que a lo largo del tiempo se han erigido en una tradición, la cual mediante la transmisión oral es pasada de padres a hijos y es así como se preserva el hábito entomofágico, el cual esta gente valora enormemente y forma una parte importante de su dieta cotidiana, ya que se encuentra fuertemente arraigado en ellos y del que también son necesariamente dependientes.

Así que vemos la alimentación no es solo una necesidad fisiológica, sino que implica fenómenos psicológicos, sociales y culturales importantes, cada vez más frecuentemente introducidos, porque es la gente de la clase media es la que los induce, de tal manera que los patrones alimenticios en general son marcados por ésta, lo cual va aunado a un "marketing" impresionante y a una mercadotecnia alucinante, mucha de ella realizada a nivel subliminal, en donde cabe preguntarse ¿tenemos por lo tanto capacidad de elección?, ¿sabemos qué comemos?, ¿tenemos conciencia de que hay una enorme diferencia entre alimentarnos y nutrinos?, ¿conocemos la función que desempeñan los diferentes compuestos de los alimentos?, ¿cuál es la meta de estos productos tecnológicamente fabricados?

Por ello, podemos decir que existe una lucha, un reto entre Tradición y Aculturación, y con ello corremos el riesgo de perder nuestras raíces, nuestra identidad, nuestros rasgos de distinción y llevado a nuestro tema, de perder el conocimiento ancestral que nos han legado sobre el uso y sustentabilidad de los recursos naturales nuestros ancestros, entre ellos los insectos comestibles.

En la actualidad, en las ciudades de varios países del mundo, los insectos cuyo desprestigio general en la época moderna provino de la conveniencia económica que grandes compañías internacionales construyeron una imagen altamente negativa de ellos, promovieron fervientemente, el cual se ha ido recuperando a través de la importancia otorgada a la sustentabilidad de la biodiversidad. De una manera paulatina pero permanente, se da la aceptación de los insectos comestibles e incluso en los menús de algunos restaurantes del primero y segundo mundos y de la promoción efectuada de ellos a través de diversos libros y de su difusión en revistas, periódicos, radio y televisión demostrando cuánto, cómo y quiénes los consumen de manera que cada vez más en todo el mundo la gente comienza a interesarse en este grupo animal, para la alimentación.

Pero este desprestigio también viene de la época colonial en donde los conquistadores en México, y en general en el mundo incluso actualmente considerando a los insectos como "comida de indios", venían de lugares paleárticos en donde los insectos se encuentran en menor biodiversidad como ya he dicho. Sin embargo la entomofagia persistió debido a que los españoles no la consideran una buena costumbre alimenticia y además había muy pocos cultivos de los mismos, de manera que no los prohibieron y así la entomofagia persistió, siendo una parte de la tradición alimenticia entre las diversas etnias de México y del mundo.

Algunas personas consideran a la entomofagia como una reliquia de primitivismo o como un "barbarismo", sin embargo, los insectos se siguen y se seguirán consumiendo entre los habitantes de muchos países, ya que es un recurso que no representa ningún costo. "Además existe una economía de la energía en su captura, ya que sólo los recolectan cuando se encuentran en grandes cantidades, por lo que su preservación como especie está asegurada

porquesolamente explotan la parte central de la curva de la población". El consumo de insectos comestibles ha persistido por más de 500 años en México, como lo podemos comprobar al estudiar a los insectos comestibles reportados por Sahagún (1975) en el México Antiguo (Ramos-Elorduy y Pino, 1989).

XI. Consumo de insectos comestibles

Los insectos poseen una buena palatabilidad y dan una sensación de bienestar al consumirlos, además se evitan enfermedades a través de los antibióticos que existen en su cutícula (Goodman 1989).

Sus características organolépticas como sabor, textura, olor y color son atractivas, ya que su textura en general es crujiente, igualmente tienen no tienen olor con excepción de los jumiles. Cuando se consumen los estados inmaduros de los insectos holometábolos, las larvas o pupas son generalmente blancas o ligeramente amarillentas y la mayoría de las especies son ingeridas así. Sus sabores son muy variables. Algunos no poseen un sabor peculiar y toman aquel de los ingredientes con los que se les preparan (ajo, cebolla, pápalo, limón, etc.), del aceite en el que se frían o bien del tipo de las especies lipídicas que posean en sus grasas.

Siendo el sabor el principal criterio con la selección de un alimento en el cuadro 8 se muestran algunos de los sabores que poseen varios insectos.

Cuadro 6. Apreciación cuantitativa actual del consumo de especies de insectos en México (2002)

EDOS.	ÓRDENES													Total
	Anopl	Epheme	Odon	Orthopt	Isopt	Hemipt	Homopt	Neuropt	Coleopt	Trichopt	Lepidopt	Dipt	Hymenop	
CHIA	0	0	0	25	0	10	6	1	34	1	19	0	63	159
EMex	0	2	3	23	0	42	8	1	27	0	10	12	24	152
HGO	0	2	1	11	1	24	7	1	28	4	17	5	42	143
OAX	1	0	0	24	0	18	8	2	23	0	14	2	42	134
VER	0	0	0	23	0	21	12	0	26	0	11	1	18	112
GRO	1	0	0	13	0	32	7	0	9	0	5	0	20	87
PUE	0	0	0	8	0	8	12	0	13	0	9	4	23	77
D. F.	0	0	4	10	0	17	1	0	14	0	16	3	8	73
YUC	0	0	1	4	0	1	1	0	11	0	4	0	45	67
MICH	1	0	0	6	0	5	3	0	11	0	4	1	14	45
MOR	0	0	0	7	0	24	3	0	3	0	0	0	8	45
QRoo	0	0	0	1	0	1	0	0	5	0	2	0	21	30
TLAX	0	0	0	3	0	4	1	0	1	0	7	2	8	26
SLP	0	0	0	1	0	0	2	0	3	0	0	0	13	19
TAB	0	0	0	5	0	0	1	0	3	0	0	0	9	19
CAM	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	15	19
NAY	0	0	0	3	0	1	0	0	3	0	0	1	8	16
QRO	0	0	0	2	0	6	0	0	2	0	2	0	4	16
JAL	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	0	5	15
GTO	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	2	0	4	12
DGO	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	5	7
ZAC	0	0	0	1	0	2	0	0	2	0	2	0	0	7
CHIH	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	2	6
AGS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	6
Nvo L	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	3
B.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
TAM	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Total	3	4	7	175	1	231	74	5	226	5	126	31	407	1297

Tomado de Ramos-Elorduy, 2003.

XII. Grado de consumo en el mundo

Algunos autores si lo han cuantificado, por ejemplo en la región de Kanaga, Zaire, una población de 2006 habitantes, consume 1200 toneladas al año, que equivalen a alrededor de 50 gr./día de insectos frescos (Kitsa, 1989). También unos economistas belgas (Gómez *et al.*, 1961) lo estudiaron en todo Zaire y concluyeron que el 81% de la proteína animal provenía de insectos, desgraciadamente sólo mencionan chapulines, larvas de mariposa y termitas, sin haberlos clasificado taxonómicamente. Por otro lado, Bahuchet (1981), estudiando la dieta de los pigmeos Aka de la Lobaye en la República Central Africana reporta que el 61% de la proteína animal ingerida está dada por una sola especie de larvas de mariposa (*Pseudanthera discrepans*) y entre los pigmeos Babinga aquella es de 58%. Roulon (2000) estudiando a la etnia de los Gbáyá

bodoe, también de la República Central Africana cita que 50% de la proteína animal proviene de los insectos y 50% de la caza, este puede ser el dato más certero, para ese hábitat que es la parte superior de la montaña en el bosque tropical, ya que ella vivió en esa comunidad durante 20 años e incluso contrajo nupcias con un nativo local. Recientemente Paoletti *et al.* (2000) cuantificaron la biomasa consumida de diferentes siete especies en una población de 100 personas de los Tukanoan de Colombia en donde fueron tres Hymenoptera, dos Coleóptera, un Lepidóptera y un Isoptera, de los cuáles consumían 341 Kg por año, es decir, un promedio de 3.41 kg por persona.

Podemos decir que los insectos son los pequeños organismos, pero vitales elementos del régimen alimenticio en algunos países.

Cuadro 8. Algunos sabores de los insectos comestibles

- Hormigas (larvas y pupas), sabor dulce, parecido a la nuez de Castilla, en el caso de los reproductores adultos es como una pasta de nuez densa y cremosa.
- Hormigas mieleras (repletas o "vinitos"), jarabe dulce con mayor o menor concentración de azúcares y el sabor depende de ello.
- "Cuetla" (larvas) sabor semejante al arenque.
- Gusano banco de maguey (larvas), es el sabor más refinado y característico de este grupo.
- Gusano elotero (larvas) sabor semejante al maíz del que se alimenta.
- Grillos (ninfas y adultos) un sabor muy refinado, mejor que el del camarón.
- Chapulines (ninfas y adultos), toman el sabor de los ingredientes con que se preparan.
- Libélulas (larvas) sabor semejante al pescado.
- Otros insectos acuáticos (larvas) sabor semejante al pescado.
- Gusanos del nopal (larvas) semejante al sabor de la papa de cáscara rosa frita.
- Gusano rojo del maguey (larvas) crudas tienen un sabor que pica más que el chile serrano.
- Jumiles de Morelos (ninfas y adultos) tienen a sabor a manzana bien madura.
- Jumiles de Taxco (ninfas y adultos) tiene un sabor muy fuerte, extraño y difícil de definir.
- Termitas (obreras) sabor semejante a la nuez de Macadamia.
- Gusanos de los palos (larvas) sabor semejante al chicharrón de puerco.
- Periquito del aguacate, sabor semejante al del aguacate cuando está fresco y a la pepita de calabaza secada cuando está frito o asado.
- Avispas (larvas y pupas) tiene un sabor semejante al piñón.
- Axayacatl (adultos) sabor semejante al pescado si están frescos, y a polvo de camarón si están secos.
- Ahuauhtle (huevecillos del Axayacatl) sabor peculiar, semejante al caviar, levemente salados.
- Gusano amarillo (larvas) sabor semejante a harina de arroz integral.
- Abejas (larvas y pupas) sabor semejante a almendras.
- Cigarras (adultos recién emergidos hervidos), sabor semejante a pechuga de pollo tierno
- Gusanillo (larvas) sabor semejante a la pierna de pollo.
- Carneros (ninfas y adultos) sabor semejante a la carne de borrego.

XIII. Cultivo de insectos comestibles

El cultivo de los insectos podemos aseverar que realmente es ínfimo, en relación con el número de especies comestibles que se ingieren. Pero, se podría pensar que cuando el recurso es muy abundante no se necesitaría un cultivo (como seguramente sucedía en la antigüedad, pues ¿para qué? sólo podría ser para un ahorro de energía al tenerlo en un lugar conocido y cercano. Así que no tendríamos que recorrer grandes distancias ni desperdiciar tiempo, o bien para tener algo de su propiedad. En la actualidad, es deseable porque los insectos comestibles, no nada más son importantes en la nutrición sino también en la economía de la gente, que al no contar con suficientes emolumentos mercadea con los insectos comestibles.

XIV. Comercio de insectos comestibles

En la actualidad desgraciadamente existen pocas tecnologías puestas a punto para el cultivo de insectos. La demanda de estas especies de insectos comestibles con su sabor sumamente característico o único, obedece a la emigración y constituye un mercado real y potencial de diversas especies, lo que ha provocado la

formación de una red de comercialización nacional o internacional.

La exportación se da por la amplia aceptación y gusto de un mercado que poseen algunas especies de insectos comestibles gusano blanco de maguey, escamoles, chicatanas, hormigas mieleras, melipona, trigonas, chapulines, cueclas (larvas de mariposa), ahuahutle. Por un platillo de gourmet se paga lo que sea, la gente se da el lujo de pagarlo con tal de recordar aquello que es nuestro, que es familiar, que corresponde a nuestros orígenes.

Hasta la fecha hemos detectado que en México se comercializan regularmente 95 especies de insectos comestibles, como se puede observar en el cuadro 7.

Estas especies se venden en los tianguis, en los días de mercado de diferentes poblados y/o en los mercados municipales. También se ofrecen de puerta en puerta en los pueblos y ciudades pequeñas. Se venden vivos, secos, frescos, preparados para comerse o en frascos de vidrio incluidos en algún jarabe (chicatanas en Yucatán).

Generalmente se venden por medidas locales: el almud (en Oaxaca), litro (Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo y Puebla), en cazuelitas de diversas tallas

Cuadro 7. Venta de algunas especies de insectos comestibles en México

Tipo de insecto	Número de especies	Forma de venta
Libélulas (náiadas)	2	Hervidas
Chapulines (ninfas y adultos)	15	Asados o preparados
Chinches acuáticas y sus huevecillos (ninfas y adultos)	10	Secos o en tamales
Chinches terrestres (ninfas y adultos)	3	Secas
Jumiles (chinches apestosas) (ninfas y adultos)	15	Vivos
Cigarras (recién emergidas)	3	Hervidas
Piojos harinosos del nopal	4	Frescos
Escarabajos (larvas)	6	Vivas o asadas
Mariposas (larvas)	12	Secas, en salmuera, vivas
Moscas (larvas)	3	Vivas o secas
Abejas (larvas y pupas)	11	Frescas
Hormigas (larvas y pupas y adultos de obreras y de reproductores)	6	Frescas o asadas
Panales de avispa (con o sin miel)	5	Todo el panal lleno de estados inmaduro y ocasionalmente adultos
Total	95	

Tomado de Ramos-Elorduy, 2003.

(Oaxaca, Puebla, en latas vacías (de atún o de sardina), (Estado de Mexico, Puebla, Hidalgo), en bolsitas de plástico (Guerrero) o bien simplemente por puños. Rara vez se venden por peso, y quizás es debido a que los insectos ocupan más volumen que peso.

Los precios de los insectos comestibles han variado a lo largo del tiempo, al igual que como sucede con cualquier otro alimento, y en ocasiones incluso el incremento es a veces mucho muy superior, como pasa en el caso de los insectos más cotizados y con mayor mercado, como son los escamoles, gusanos blanco y rojo del maguey, jumiles, chichatanas, etc.

XV. Los insectos comestibles como un signo nacional

Con recursos alimenticios tan peculiares como los insectos, que por ser elementos menos o poco conocidos en los lugares en donde estas personas viven, por ser artículos propios de su etnia o país, por representar diversos aspectos en su psiquis, por el significado que poseen y por no encontrarse en el abasto de la localidad que habitan, su consumo, así como el compartirlos y las remembranzas que les provocan les hacen ser medio de identidad cultural de su país, sus parentescos. Ello les da bases para afirmarse, sentirse seguros e identificados (Ramos-Elorduy, 1996).

Los insectos como un alimento restringido, por la particularidad de los hábitat que ocupan, por su distribución geográfica a través del mundo no globalizado, comercializados solo a baja escala, y en algunas ocasiones muy cotizados, constituyen un código de reconocimiento, de unidad, de similitud de amalgamamiento y con ello de identidad nacional. De todo ello tenemos varios ejemplos a través del mundo (Ramos-Elorduy 1996).

XVI. Valor nutritivo de los insectos comestibles

Para conocer el valor nutritivo de los insectos comestibles, realizamos diferentes análisis químicos y pruebas biológicas, las que fueron desde un sencillo análisis bromatológico hasta el uso de aparatos más sofisticados como el HPLC, cromatografía de gases, cromatografía de absorción atómica, etc., así como

pruebas biológicas usando ratas de la cepa Wistar. Interesándonos de sobremanera su contenido en proteínas por el trascendental papel que estas desempeñan en el organismo y la energía que proporcionan, porque la desnutrición en el país es de índole proteínico-calórico principalmente, estudiando además otros parámetros, que aunque si bien el organismo las requiere en mucho menor cantidad son indispensables para su buen funcionamiento.

XVI.1. Proteínas. Los insectos comparados con otros recursos alimenticios, deben ser ingeridos en menor cantidad debido a su alta digestibilidad, ya que desde este punto de vista pueden ser considerados como "concentrados proteínicos".

La cantidad total de proteínas que los insectos comestibles albergan es expresada en base seca, de manera a poderlas comparar con los productos convencionales de obtención proteínica. La proporción que albergan va a variar dependiendo de que la especie pertenezca al ámbito terrestre o acuático (ya que éstos tiene un contenido mayor de agua en su cuerpo), al estado de desarrollo comestible y de la forma de ingestión (vivos o procesados).

El intervalo que cubren expresado en porcentaje es muy amplio, pues va de 9.45% que alberga la hormiga mielera (*Myrmecosistys melliger*) a 81% que contiene una avispa adulta del género *Polybia* de la Sierra Mixteca de Oaxaca, pero en un promedio podemos notar que la mayoría de las especies estudiadas se encuentra en una proporción que va de 55% a 70% (Ramos-Elorduy et al., 1984). El contenido de los diferentes órdenes se muestra en el Cuadro 8.

Al ser comparados con la cantidad que tienen los productos convencionales los insectos se colocan bien, siendo únicamente el pescado el único que se encuentra entre las más altas proporciones (Fig 1).

En esta figura podemos observar los intervalos de variación en cantidad de proteínas que los insectos comestibles albergan. Vemos que en general éstos son grandes, sobre todo el correspondiente a los Coleoptera

Cuadro 8. Intervalo del porcentaje de proteínas de insectos comestibles de México

ÓRDENES	PORCENTAJE
Orthoptera	52-77%
Hemiptera	36-71
Homoptera	33-72
Coleoptera	30-69
Lepidoptera	34-71
Diptera	35-61
Hymenoptera	10-81

que presenta mayor variación y el que tiene el intervalo menor es el de los Hymenoptera, que es el orden que abarca el mayor número de especies comestibles y el de los Neuroptera o Megaloptera.

También podemos apreciar que los productos convencionales se encuentran comprendidos en el intervalo inferior de los insectos, con excepción de la carne de res que se encuentra en la parte superior del mismo intervalo y del pescado que en su contenido proteínico supera al de todos los insectos comestibles estudiados, con un porcentaje de proteínas igual al de la avispa del género *Polybia* de la mixteca oaxaqueña (81%).

XVI.2. Grasas. Las grasas son el parámetro que mayor cantidad de energía aporta a la dieta y éste es muy importante por la deficiencia que existe en el régimen alimenticio de la mayor parte de los mexicanos. Nos referimos a la falta de energía, pues su papel es fundamental, ya que las proteínas no pueden ser asimiladas si no existe la suficiente cantidad de energía en la dieta. Esta es expresada en términos de kilocalorías o de kilojoules. El intervalo de contenido de calorías, varía de una especie a otra

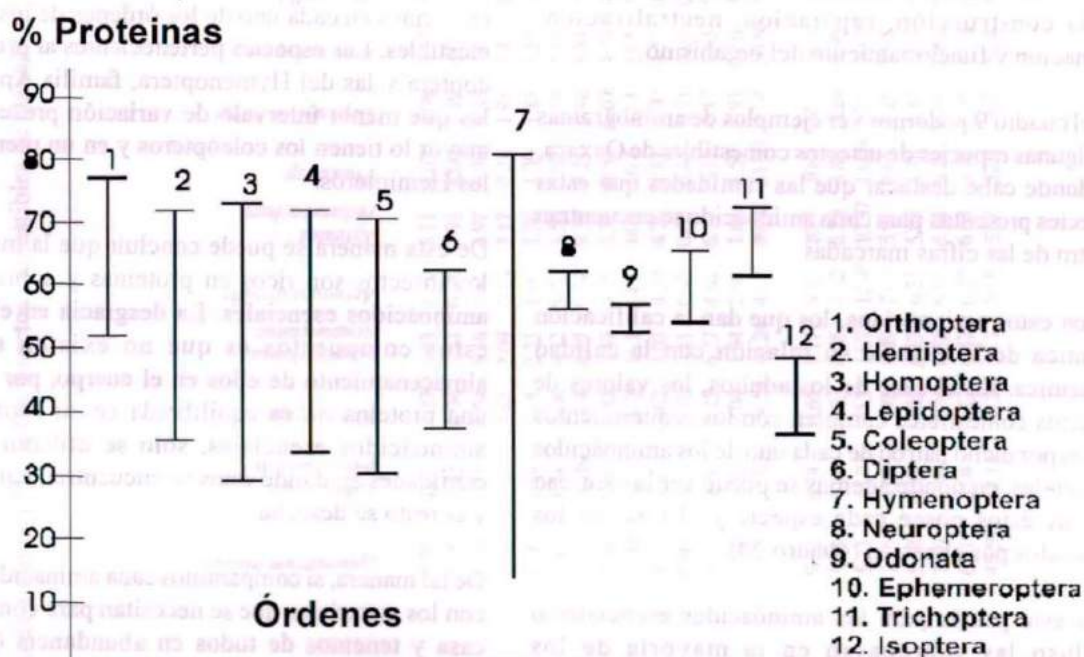


Figura 1. Porcentaje de proteínas que albergan diferentes órdenes de insectos comestibles, de acuerdo con el contenido en cada especie en cada uno de ellos (Tomada de Ramos-Elorduy, 1997a) A= Frijol, B = Lenteja, C= Soya, D = Pollo, E = Huevo, F = Res, G = Pescado.

Sin embargo, en el mercado se pueden encontrar productos alimenticios que preconizan poseer elevadas cantidades de proteínas, como por ejemplo la gelatina, la galantina, etc. ¿Entonces, por qué promover otros alimentos? Pues porque la importancia de una proteína estriba no sólo en la cantidad sino en su calidad, y la calidad depende de la cantidad de los aminoácidos que las conforman. Estos se dividen en esenciales, que son los que no podemos formar durante nuestro metabolismo, y no indispensables, porque los podemos formar durante el mismo. Los primeros se comparan contra un patrón elaborado por la FAO/OMS/UNU (Food Alimentary Organization, OMS, Organización Mundial de la Salud, UNU, Universidad de las Naciones Unidas) para preescolares y para adultos, siendo el último de 1985, establecido de acuerdo a los últimos estudios de la fisiología humana basados en los requerimientos de los aminoácidos esenciales necesarios para las funciones inherentes a nuestra especie para los aminoácidos esenciales. Éstos son de capital importancia en el buen funcionamiento y en la supervivencia de los seres humanos ya que son pilares de la construcción, reparación, neutralización, formación y funcionamiento del organismo.

En el cuadro 9 podemos ver ejemplos de aminogramas de algunas especies de insectos comestibles de Oaxaca, en donde cabe destacar que las cantidades que estas especies presentan para cada aminoácido se encuentran dentro de las cifras marcadas

Y son estos aminoácidos, los que dan la calificación química de la especie en relación con la calidad proteínica. En el caso de los adultos, los valores de insectos comestibles cumplen con los requerimientos dados por dicho patrón de cada uno de los aminoácidos esenciales, en donde además se puede ver la cantidad que de éstos posee cada especie y el total de los señalados por el patrón (cuadro 10).

por este patrón para los aminoácidos esenciales o incluso las sobrepasan en la mayoría de los aminoácidos. Las excepciones son: el triptófano en general, en donde en el caso de los preescolares algunas especies no alcanzan el valor señalado para él, en otras especies menos numerosas es la metionina la ligeramente deficiente y en otras más, que son muy pocas, la lisina es la que falta.

En la siguiente gráfica (Fig. 2) podemos apreciar la posición de los diferentes órdenes de insectos comestibles respecto a los productos convencionales y las cantidades arrojadas por el patrón para el total de aminoácidos esenciales que albergan. En esta figura podemos apreciar que en general los insectos se colocan alto, poseyendo un promedio de 40 mg a 55 mg, lo cual sobrepasa la cantidad que albergan los productos de origen vegetal (frijol, lenteja y soya). Al compararlos con los productos de origen animal, vemos que la carne de res se encuentra también con cantidades más bajas que la mayoría de las especies de insectos comestibles estudiados. La carne de pollo, se encuentra abajo en la parte inferior del valor más bajo que albergan los insectos. Respecto al huevo, éste se encuentra entre 40 mg a 48 mg sobrepasándolo algunas especies de dípteros hemípteros, coleópteros, hymenopteros (Formicidae). En relación al pescado, éste se localiza en alrededor de 52 mg, sucediendo algo semejante al caso anterior.

Además, podemos ver que las cantidades no son uniformes en cada uno de los órdenes de insectos comestibles. Las especies pertenecientes al orden Lepidoptera y las del Hymenoptera, familia Apidae, son las que menor intervalo de variación presentan y el mayor lo tienen los coleópteros y en un menor grado los Hemípteros.

De esta manera se puede concluir que la mayoría de los insectos son ricos en proteínas y sobre todo en aminoácidos esenciales. La desgracia en el caso de estos compuestos es que no existen sitios de almacenamiento de ellos en el cuerpo, por lo que si una proteína no es equilibrada en su contenido de aminoácidos esenciales, sólo se utilizan aquellas cantidades en donde éstos se encuentren equilibrados y el resto se desecha.

De tal manera, si comparamos cada aminoácido esencial con los materiales que se necesitan para construir una casa y tenemos de todos en abundancia (tabiques, cemento, grava, arena, etc.) pero sólo contamos con 7 varillas ¿cuántos cuartos podríamos construir? Lo mismo sucedería con los aminoácidos esenciales. Al comparar estas varillas con el triptófano, la metionina o la lisina, ¿cuántas células podríamos elaborar o reparar, ¿cuántos compuestos podríamos construir?

Cuadro 9. Contenido de aminoácidos de los insectos comestibles de Oaxaca.

	<i>Sphenarium histrio</i>	<i>Sphenarium purpurascens</i>	<i>Thasus gigas</i>	<i>Scyphophorus acupunctatus</i>	<i>Arsenura armida</i>	<i>Xylenes redtembacheri</i>	<i>Phasus sp.</i>	<i>Copesyllum haggi</i>	<i>Atta mexicana</i>	<i>Apis mellifera</i>	<i>Trigona sp.</i>	<i>Brachygastra azteca</i>	<i>Brachygastra mellifica</i>	<i>Vespula squamosa</i>	<i>Polybia occidentalis bohemani</i>	<i>Polybia parvulina</i>	<i>Polistes instabilis</i>	WHO FAO UNU 1985	P.E	AD.
Aminoácidos Esenciales																				
Isoleucina	5.35	4.23	4.27	4.83	4.39	5.11	4.67	4.08	5.37	4.14	4.87	5.18	4.41	4.93	4.59	4.77	6.43	2.8	1.3	
Leucina	8.75	8.92	6.94	7.84	6.98	7.93	8.09	7.49	8.07	6.64	7.32	8.59	7.84	6.37	7.89	7.81	11.5	6.6	1.9	
Lisina	5.76	5.73	4.54	5.46	5.41	4.97	5.76	5.32	4.91	6.09	7.31	6.12	3.65	5.18	7.49	7.45	4.33	5.8	1.6	
Metionina +	2.09	2.55	3.63	2.09	2.43	2.17	2.23	1.91	3.47	2.58	1.33	1.45	1.82	1.74	2.11	2.49	2.18			
Cisteína	1.38	1.89	2.45	2.23	1.99	1.36	1.39	1.83	1.55	0.92	2.39	1.64	2.05	2.83	2.92	2.95	1.73			
Total de a.a. sulfurados	3.47	4.44	6.08	4.32	4.42	3.53	3.62	3.74	5.02	3.5	3.72	3.09	3.87	4.57	5.03	5.44	3.91	2.5	1.7	
Fenilalanina +	11.74	10.39	14.4	4.67	9.34	9.38	7.21	5.48	8.84	7.08	7.53	4.19	4.01	4.97	3.35	3.43	4.29			
Tirosina	7.34	6.38	5.82	6.47	5.25	5.32	9.50	6.67	4.73	4.18	6.49	6.56	7.51	6.34	5.67	5.91	6.68			
Total a.a. aromáticos	19.08	16.77	20.2	11.1	14.5	14.7	16.7	12.1	13.5	11.2	14.0	10.7	11.5	11.3	9.02	9.34	10.9	7.4	2.4	
Treonina	4.07	3.17	3.62	4.03	4.29	4.76	3.81	4.90	4.33	4.46	4.88	4.46	4.41	4.46	4.07	4.19	4.93	3.4	0.9	
Triptofano	0.60	0.65	0.58	0.81	0.43	0.60	0.43	0.71	0.60	0.7	0.58	0.72	0.74	0.75	0.73	0.72	0.67	1.1	0.5	
Valina	5.13	5.72	6.25	6.27	4.82	6.17	5.71	6.17	6.43	5.91	5.34	6.45	5.42	5.75	5.97	6.13	6.71	3.5	1.3	
Histidina	1.91	2.22	2.04	1.54	2.98	1.65	2.59	2.91	2.56	3.31	2.27	2.88	3.60	3.04	3.06	3.27	2.29	1.9	1.6	
Total a.a. esenciales	54.12	51.85	54.54	46.24	48.31	49.42	51.39	47.47	50.86	46.01	50.31	48.24	45.46	46.36	47.85	49.12	51.74	35	13.2	
Aminoácidos no esenciales																				
Acido aspártico	9.32	8.74	6.65	9.17	8.92	10.7	10.7	10.2	9.04	9.82	9.85	8.48	8.61	8.46	8.42	7.65	7.46			
Serina	5.13	4.86	4.53	6.65	4.62	6.28	3.88	5.24	4.46	4.89	3.82	4.55	4.22	4.33	4.59	4.46	5.14			
Acido glutámico	5.33	10.72	10.34	15.73	12.45	10.57	13.09	12.95	10.45	13.81	13.58	16.43	16.07	15.09	12.91	13.36	12.51			
Prolina	7.25	6.23	5.78	5.49	7.03	5.91	5.65	5.29	7.95	7.53	6.84	6.49	7.13	7.79	6.37	6.55	7.78			
Glicina	5.38	6.85	7.02	6.17	6.25	5.53	4.18	6.83	6.65	5.84	5.71	6.79	6.72	7.57	7.19	7.28	7.35			
Alanina	7.66	6.48	7.74	6.52	6.86	6.54	6.28	6.49	6.61	5.55	4.93	5.89	6.12	5.87	6.53	6.45	6.02			
Arginina	6.61	6.04	4.12	4.47	6.39	6.04	5.78	6.35	4.73	6.44	6.03	4.49	5.71	4.26	5.74	5.72	3.41			
Total a.a. no esenciales	48.59	52.14	48.2	55.7	55.5	53.2	52.2	56.3	52.4	57.1	53.0	56.0	58.1	56.4	54.8	54.7	51.9			

CCuadro 10. Calificación química de algunas especies de insectos comestibles de México

ESPECIES	PORCENTAJE (%)	AMINOÁCIDO LIMITANTE
<i>Hoplophorion monograma</i>	79	Histidina
<i>Scyphophorus acupunctatus</i>	72	Triptófano
<i>Polistes instabilis</i>	72	Triptófano
<i>Copestylum anna</i> y <i>C. haggi</i>	64	Triptófano
<i>Polybia occidentalis bohemani</i>	64	Triptófano
<i>Brachygastra azteca</i>	64	Triptófano
<i>Vespula squamosa</i>	64	Triptófano
<i>Polybia parvulina</i>	64	Triptófano
<i>Apis mellifera</i>	64	Triptófano
<i>Sphenarium purpurascens</i>	64	Triptófano
<i>Callipogon barbatus</i>	64	Triptófano
<i>Brachygastra mellifica</i>	62	Lisina
<i>Umbonia reclinata</i>	55	Triptófano
<i>Atta mexicana</i>	55	Triptófano
<i>Sphenarium histrio</i>	55	Triptófano
<i>Boopedon flaviventris</i>	55	Triptófano
<i>Xyleutes redtebacheri</i>	55	Triptófano
<i>Pachilis gigas</i>	55	Triptófano
<i>Trigona</i> sp.	55	Triptófano
<i>Ahuahutle</i>	55	Triptófano
<i>Euschistus egglestoni</i>	52	Lisina
<i>Parachartegus apicalis</i>	45	Triptófano
<i>Edessa petersii</i>	45	Triptófano
<i>Hylesia frigida</i>	45	Triptófano
<i>Ascalapha odorata</i>	36	Triptófano
<i>Phasus</i> sp.	36	Triptófano
<i>Arsenura armida</i>	36	Triptófano
<i>Axayacatl</i>	16	Methionina + Cisteina

Datos tomados de Ramos-Elorduy *et al.* (1997).

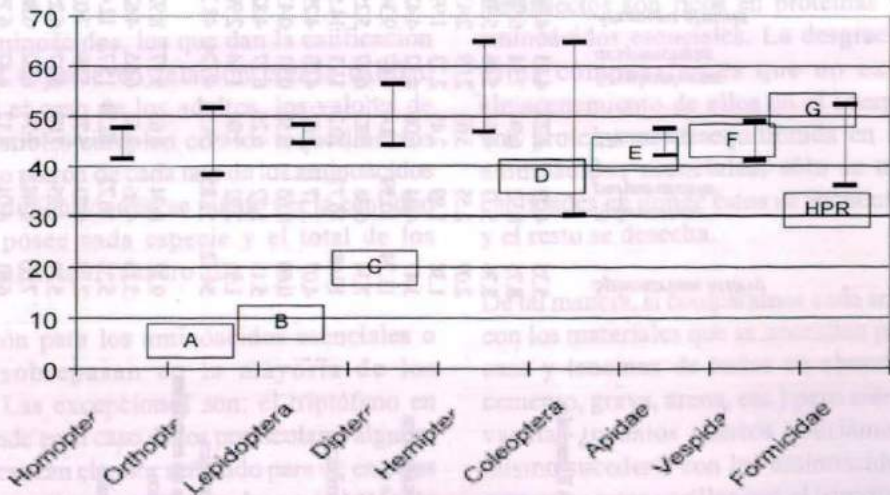


Figura 2. Intervalo del contenido total de aminoácidos esenciales que albergan diferentes órdenes de insectos comestibles de acuerdo al contenido para cada especie en cada uno de ellos (Datos tomados de Conconi, 1993)) A= Frijol, B = Lenteja, C= Soya, D = Pescado, E = Pollo, F = Res, G = Huevo, HPR = Patrón WHO/FAO/UNU (1985) preescolares y HA adultos.

(Cuadro 11)

En general son los insectos holometábolos en donde el intervalo presenta mayor variación y quizás ello es debido a que, si bien en muchos casos se consumen las larvas, en otros larvas y pupas y en otros los adultos, y en los insectos sociales los adultos de la clase obrera o de la clase reproductora, con ellos se presentan durante su desarrollo diferentes regímenes alimenticios (fitófagos, coprófagos, carnívoros, xilófagos, omnívoros, etc.).

Desde el punto de vista de los parámetros primarios son los Hymenoptera los más estables y presentan poca variación. Podemos observar que en muchos casos sobrepasan los contenidos de los productos convencionales de alimentación (Cuadro 12), de suerte que la mayoría de estos insectos proveen la energía necesaria para llevar a cabo las diferentes tareas y las funciones orgánicas (Ramos-Elorduy y Pino, 1990b).

El intervalo de contenido calórico de los vegetales es pequeño, mientras que las de la carne son muy grandes (540.3 Kcal).

Debido a su alta densidad de energía y baja solubilidad, los triglicéridos en el tejido adiposo son la principal forma de almacenamiento de energía total de las células. Las grasas ayudan en el transporte y absorción de las vitaminas liposolubles; deprimen las secreciones gástricas y retrasan el tiempo de vaciamiento del estómago. Además, la grasa añade sabor a la dieta y produce sensación de saciedad después de una comida.

Aunque todas las grasas de los alimentos contienen una combinación de ácidos grasos, las de animales tienden a ser más saturadas, en tanto que las vegetales son primordialmente insaturadas. Casi todas las grasas naturales consisten en 98 a 99% de los triglicéridos, que a su vez están constituidos principalmente por ácidos grasos.

En el cuadro 13 se muestra la proporción de ácidos grasos de tipo saturado e insaturado contenidos en diversos productos usados para alimentación humana, entre ellos los insectos y podemos observar que tanto las carnes como el pescado contienen mayor cantidad de ácidos grasos saturados que los insectos y que de ácido esteárico (entre paréntesis) este es muy bajo en

Cuadro 11. Intervalo de calorías de diversos ordenes de insectos comestibles

Orden	Kcal/100 g.	Diferencia en el intervalo
Odonata	431.36 a 519.76	88.4
Ephemeroptera	353.80 a 355.40	1.6
Orthoptera	336.37 a 437.69	101.32
Isoptera	347.00 a 508.00	161.00
Hemiptera	328.99 a 629.01	300.02
Homoptera	394.14 a 469.49	75.35
Neuroptera	331.69 a 366.45	34.76
Lepidoptera	293.43 a 776.85	483.42
Coleoptera	282.74 a 653.02	370.28
Diptera	216.94 a 498.60	281.66
Hymenoptera	380.06 a 561.37	181.31

Cuadro 12. Contenido calórico de algunos insectos comestibles de México comparados con otros productos vegetales y animales usados en la alimentación

Especies	Kilojoules	Alimentos convencionales
<i>Phasus triangularis</i> E.	3250.34	
	2948.46	Carne de puerco
<i>Polistes instabilis</i> S.	2866.04	
<i>Phasus</i> sp.	2838.89	
<i>Arophalus</i> sp.	2732.24	
<i>Chaicophora</i> sp.	2682.32	
<i>Phasus trajesa</i>	2654.71	
<i>Edessa</i> sp.	2597.89	
<i>Xyleutes redtembacheri</i>	2570.61	
<i>Aegiale hesperiaris</i>	2479.23	
<i>Oileus rimator</i>	2400.66	
<i>Melipona beeckei</i>	2379.73	
<i>Liometopum occidentale</i> var <i>luctuosum</i> (escamol de reproductores)	2348.77	
<i>Paxillus leachi</i>	2336.68	
<i>Neodiprion guilletei</i>	2332.71	
<i>Scyphophorus acupunctatus</i>	2323.79	
<i>Atta mexicana</i>	2321.49	
<i>Passalus</i> af. <i>punctiger</i>	2309.94	
<i>Euschistus</i> sp.	2308.56	
<i>Euschistus strennus</i>	2306.97	
<i>Tenebrio molitor</i> (pupas)	2301.07	
<i>Euschistus egglestoni</i>	2290.82	
<i>Liometopum apiculatum</i> (escamol de reproductores)	2240.28	
<i>Acantocephala luctuosa</i>	2236.89	
<i>Edessa conspersa</i>	2226.35	
<i>Trichodres pini</i>	2221.54	
<i>Dannaus plexipus</i>	2215.18	
<i>Synopsisia mexicanaria</i>	2193.46	
<i>Pogonomyrmex</i> sp.	2187.27	
<i>Brachygastra mellifica</i>	2185.47	
<i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	2186.60	
<i>Periplaneta</i> sp.	2174.68	
<i>Euschistus taxcoensis</i>	2159.57	
<i>Laniifera cyclades</i>	2147.81	
<i>Heliothis zea</i>	2145.64	
<i>Aplagiognathus spinosus</i>		
<i>Liometopum occidentale</i> var <i>luctuosum</i> (escamol de obreras)	2124.22	
<i>Aplagiognathus</i> sp.	2380.19	
<i>Atta</i> sp.	2117.40	
<i>Liometopum apiculatum</i> (escamol de obreras)	2086.31	
<i>Musca domestica</i>	2086.14	
<i>Thasus gigas</i> (ninfas)	2083.42	
<i>Vespula squamosa</i>	2049.91	
<i>Polybia</i> (larvas)	2020.58	
<i>Brachygastra azteca</i>	2013.36	
<i>Apis mellifera</i> (pupas)	1989.95	
<i>Apis mellifera</i> (larvas)	1988.66	
<i>Callipogon barbatum</i>	1982.22	
<i>Mischocyttarus basimacula</i>	1979.79	
<i>Polybia</i> sp (pupas)	1979.37	
<i>Metamastus spinolae</i>	1968.66	
<i>Umbonia reclinata</i>	1964.35	
<i>Polybia occidentalis bohemani</i>	1948.22	
<i>Polybia parvulina</i>	1933.76	
<i>Liometopum apiculatum</i> (pupa de reproductores)	1931.63	
<i>Hylesia</i> sp.	1926.98	
	1944.74	Soya

Continuación cuadro 12.

Especies	Kilojoules	Alimentos convencionales
<i>Copestylum anna</i> y <i>C. haggi</i>	1923.34	
<i>Brachymona archana tenebrosa</i>	1873.97	
<i>Thasus gigas</i> (adultos)	1863.68	
<i>Polybia occidentalis nigratella</i>	1861.09	
<i>Eucheira socialis</i>	1835.94	
<i>Catasticta teutila</i>	1833.43	
<i>Romalea colorata</i>	1831.29	
(<i>Melanoplus?</i>) <i>Sphenarium mexicanum</i>	1825.77	
<i>Anax</i> sp.	1804.68	
<i>Zapidrion vallicola</i>	1795.23	
<i>Melolontha</i> sp.	1767.70	
<i>Tibicen pruinosa</i>	1767.24	
	1763.94	Garbanzo
<i>Homolepta</i> sp.	1753.51	
<i>Ascalapha odorata</i>	1753.51	
	1735.94	Carne de res
<i>Romalea</i> sp.	1726.28	
<i>Apis mellifera</i> (miel)	1695.91	
<i>Sphenarium purpurascens</i>	1692.14	
<i>Rhantus</i> sp.	1679.88	
<i>Proarna</i> sp.	1679.21	
<i>Myrmecosustus melliger</i>	1676.45	
	1673.18	Chicharo
	1644.40	Lenteja
<i>Hoplophorion monogramma</i>	1649.08	
	1662.30	Pescado
	1637.40	Frijol
<i>Sphenarium</i> sp.	1644.48	
<i>Atta cephalotes</i>	1633.64	
<i>Liometopum apiculatum</i> (larvas)	1609.86	
	1624.23	Haba
<i>Polybia</i> sp. (adultos)	1590.17	
<i>Trimerotropis</i> sp.	1585.99	
<i>Melanoplus mexicanum</i> <i>Encoptolophus herbaceus</i>	1575.36	
<i>Arphia falax</i> , <i>Sphenarium</i> sp. y <i>Boopedon af flaviventris</i>	1574.27	
<i>Hylesia frigida</i>	1555.19	
	1548.08	Maíz
	1522.98	Avena
	1510.42	Arroz
	1506.24	Verduras
<i>Boopedon flaviventris</i> , <i>Sphenarium</i> sp. y <i>Melanoplus mexicanum</i>	1516.87	
<i>Sphenarium histrio</i> = <i>bolivari</i>	1516.74	
<i>Arsenura armida</i>	1487.83	
<i>Abedus ovatus</i>	1477.62	
<i>Axayacatl</i>	1450.84	
	1430.93	Sorgo
<i>Plectrotettia nobilis</i> <i>Sphenarium bolivari</i> , <i>Sphenarium purpurascens</i> y <i>Melanoplus</i> sp.	1407.37	
<i>Ahuahule</i>	1401.10	
	1397.46	Trigo
	1397.46	Centeno
	1380.72	Teosinte
<i>Ephydra hians</i>	1331.60	
<i>Musca domestica</i> (pupas)	1280.51	
<i>Lathebraria amphipyrioides</i>	1227.30	
<i>Phyllophaga</i> sp.	1182.98	
	688.69	Carne de pollo

los insectos. De ácidos monoinsaturados y poliinsaturados los insectos son los que albergan la mayor cantidad, es decir, que la mayor parte de sus grasas son de tipo insaturado y con ello no dañinas al organismo.

Las grasas están formadas por diferentes especies lipídicas, las cuales al igual que los aminoácidos son necesarias al organismo, así en los insectos, encontramos varios ácidos grasos importantes en el metabolismo humano, ya que muchos de ellos son precursores de diferentes hormonas y vitaminas.

Las principales especies lipídicas encontradas en insectos comestibles son: ácido caproico, ácido esteárico, ácido caprílico, ácido oleico, ácido caprico, ácido linoleico, ácido laurico, ácido linolenico, ácido mirístico, ácido palmítico y ácido palmitoleico.

XVI.3. Sales minerales. Los minerales se pueden considerar como elementos inorgánicos indispensables ya que el organismo no los sintetiza. Estas sustancias participan activamente llevando a cabo una impresionante variedad de funciones metabólicas, construyen, activan, regulan,

transmiten y/o controlan diversas reacciones, además, algunos minerales pueden actuar como macromoléculas, por ejemplo, el hierro en la hemoglobina, el zinc en la insulina, etc. Con la excepción del tejido óseo, los elementos minerales, sin embargo, constituyen una proporción pequeña (4%) de los tejidos corporales.

Debido a que los minerales desempeñan diferentes funciones y se requieren en formas y concentraciones distintas, ciertos autores los han clasificado en tres grupos: macronutrientes (calcio, fósforo, potasio, sodio, magnesio, cloro y azufre), micronutrientes (hierro, cobre, yodo, manganeso, cobalto, zinc y molibdeno) y ultramicronutrientes (flúor, aluminio, boro, selenio, cadmio, litio, cromo).

Respecto al total de sales minerales que albergan los insectos comestibles (cuadro 14) podemos ver que el contenido de sales minerales varía de un orden a otro y aún dentro del mismo orden. En la mayoría de los órdenes de insectos acuáticos, estos presentan las cifras más elevadas (columna derecha), ello en parte debido a que algunos de ellos viven en aguas alcalinas o en aguas salobres.

Cuadro 13. Proporción de ácidos grasos saturados e insaturados de diversos organismos para la obtención de proteína animal (adaptado de national research council, 1988) (porcentaje)

ORGANISMO	A. SATURADOS	A. MONOINSATURADOS	A. POLIINSATURADOS
Res	52.0 (28.1)	44.2	3.2
Puerco	44.1 (24.3)	44.3	11.6
Pollo	35.5 (20.2)	40.8	22.7
Pescado	29.6 (22.6)	39.6	30.8
Insectos	11.0-43.4 (0.1-9.1)	55.9	40-45 a 100

Para la res se hicieron medias de 27 cortes, para el puerco 16, para el pollo 8 para el pescado 3 tipos, 2 productos de 3 tipos de pescado (eglefino Halibut, Atún), para insectos se tomaron los valores máximo y mínimo de 27 especies analizadas, (entre paréntesis se pone el porcentaje del ácido estearico).

Modificado de DeFoliart G. 1991.

Podemos también observar que los órdenes que menor variación presentaron fueron Orthoptera, Lepidoptera e Hymenoptera. En los casos en que sólo se presenta un dato (Isoptera y Neuroptera) sólo se analizó una especie.

Se estudió el contenido de sodio, potasio, calcio, zinc, fierro y magnesio que albergan 39 especies de insectos comestibles pertenecientes a 4 órdenes, el que es expresado en g/100g. (cuadro 15).

Esta investigación demostró que la mayoría de los insectos comestibles poseen una proporción adecuada de cenizas totales y una proporción muy elevada en lo

Cuadro 14. Intervalos del contenido de sales minerales total en órdenes con insectos comestibles

ORDENES	INTERVALOS
Odonata	4.21-12.85
Ephemeroptera	1.91-13.00
Orthoptera	2.00-5.56
Isoptera	6.15-
Hemiptera	1.41-19.00
Homoptera	3.05-11.08
Neuroptera	4.75
Lepidoptera	1.63-8.07
Coleoptera	0.73-13.22
Diptera	6.85-25.95
Hymenoptera	0.60-5.50

que se refiere a los elementos K, Ca, Fe y Mg. Generalmente los datos obtenidos en los insectos comestibles fueron superiores a los datos reportados para algunos de los alimentos de consumo convencional, concluyéndose que los insectos comestibles pueden cubrir de manera práctica el aporte necesario de nutrimentos minerales diarios (Cuadro 16).

XVI.4. Vitaminas. Las vitaminas son sustancias indispensables en la dieta humana ya que nuestro cuerpo no las sintetiza y éstas controlan diversos procesos metabólicos. Casi todas las vitaminas hidrosolubles son componente de sistemas enzimáticos esenciales y muchas apoyan el metabolismo energético. Las principales vitaminas son: A, C, D, E,

K, y otras del Grupo B (B1, B2, B3, B5, B6, B12, H). Las vitaminas se dividen en dos grupos: las liposolubles (A, D, E y K), y las hidrosolubles, como la vitamina C y las vitaminas del Grupo B.

Las concentraciones obtenidas en los insectos comestibles estudiados se muestran en el cuadro 15 con los valores de los alimentos convencionales ricos en estos micronutrimentos, algunas especies poseen mayor contenido vitamínico que varios alimentos comunes, por lo que pueden considerarse como una buena fuente vitamínica.

Las vitaminas estudiadas en los insectos comestibles de México fueron: **Vitamina A:** Beta caroteno, retinol, palmitato de retinol., **Vitamina C:** ácido ascórbico, ascorbato de calcio, ascorbato de sodio, **Vitamina D:** Alfalcidol, cacefedio, calciferol, calcitriol, colecalciferol, ergocalciferol, D2, D3., **B1 Tiamina:** hidrocloreuro de tiamina, mononitrato de tiamina **B2, Riboflavina:** Vitamina G., **B3 Niacina:** Niacinamida, nicotinamida, ácido nicotínico, tartrato nicotínico alcohol.

Los insectos comestibles tienen valores que superan o igualan a muchos de los alimentos convencionales, que son de consumo muy generalizado y que también en algunos casos es menor que éstos. Tal es el caso de *Periplaneta americana* (adultos), en vitamina A, *Latebraria amphypiriodes* (larvas) en vitamina C, *Acheta domestica* (ninfas) en vitamina D, y *Copestylum anna* y *C. haggi* (larvas) en tiamina, riboflavina y niacina.

El consumo de estos insectos en el área rural de México generalmente es inmediato después de su captura, tomando la persona únicamente el tiempo necesario para llegar a su casa y prepararlos, y cuando se almacenan, lo hacen en bolsas de diferentes tipos en el interior de la casa, lo cual evita el contacto con la luz, lo que evita la deterioración de las vitaminas.

mil a 17 mil toneladas por día (Restrepo y Philips, 1985). Por ello, entonces, se deben de orientar las tecnologías de procesamiento de estos desechos, al igual que efectuar una reorientación de las políticas de producción, consumo y reaprovechamiento de los recursos y reanalizar su impacto sobre la salud y en los ecosistemas.

Cuadro 15. Intervalo de contenido de diversos minerales en productos convencionales de uso alimenticio g/100 g

Productos	Na	K	Ca	Zn	Fe	Mg
Animales						
Orthoptera	0.066-0.609	0.044-0.574	0.051-0.120	0.016-0.078	0.016-0.044	0.352-0.943
Hemiptera	0.020-0.572	0.014-0.256	0.075-0.104	0.024-0.112	0.012-0.130	0.744-2.550
Lepidoptera	0.048-0.544	0.048-2.912	0.048-0.088	0.022-0.040	0.017-0.054	0.384-1.628
Hymenoptera	0.063-1.608	0.063-1.030	0.040-0.224	0.016-0.050	0.014-0.046	0.348-1.129
Res	0.060	0.370	0.01	0.00042	0.028	0.025
Pollo	0.086	0.321	0.02		0.015	0.023
Pescado	0.104	0.256	0.01	0.0025	0.0302	0.023
Pavo				0.00296		
Leche			0.12	0.00334	0.0001	0.01
Huevo			0.05	0.00144	0.023	0.01
Vegetales						
Trigo	0.567	0.273	0.15	0.0084	0.054	0.360
Cebada	0.004	0.160	0.02	0.0015	0.050	0.160
Arroz			0.04	0.0016	0.014	0.120
Avena			0.10		0.382	0.140
Maíz			0.62	0.001	0.035	0.120
Centeno		0.145				
Soya	0.004	0.156		0.0060	0.084	0.280
Frijol	0.019	1.520	0.16	0.0420	0.085	0.180
Aguacate	0.004	0.604				
Cacahuate	0.031					
Zanahoria	0.047	0.341		0.00025		0.020
Apio	0.126	0.341				
Ejotes		0.151		0.00021		
Papa			0.03	0.0004	0.018	0.030
Chícharos			0.02	0.0030	0.017	
Tomate						0.018
Melón	0.012	0.251				
Plátano	0.001	0.370			0.018	0.029
Manzana	0.001	0.110	0.00008		0.017	
Duraznos				0.00005		
Piña						0.014

Datos tomados de Robinson, (1985) y Scott (1986), Ramos-Elorduy *et al.*, 1998.

Datos tomados de Robinson, (1985) y Scott (1986),

	Sodio	Calcio	Potasio	Magnesio	Zinc	Hierro
Niños 6 meses	0.2325	0.6000	0.90	0.650	0.003	0.010
Adultos	2.750	1.0500	3.925	0.450	0.0150	0.018

Cuadro 17. Vitaminas que albergan algunos

Vitamina/Órdenes	Cantidad presente
Thiamina	
Orthoptera	1.430 a 6.110 mg/100g
Hemiptera	0.643 a 1.329 mg
Lepidoptera	1.548 a 1.650 mg
Coleoptera	0.08 a 0.157 mg
Hymenoptera	0.210 a 1.05 mg
Diptera	1.37 a 1.47 mg
Riboflavina	
Orthoptera	1.320 a 2.250 mg
Hemiptera	0.908 a 0.990 mg
Lepidoptera	2.987 a 3.230 mg
Coleoptera	0.349 a 0.355 mg
Hymenoptera	0.050 a 1.700 mg
Odonata	0.09 a 0.109 mg
Diptera	0.48 a 2.56 mg
Niacina	
Orthoptera	3.512 a 13.561 mg
Hemiptera	4.475 a 5.827 mg
Lepidoptera	19.707 a 20.101
Coleoptera	0.820 a 0.999
Hymenoptera	0.470 a 12.400
Odonata	0.25 a 0.32
Diptera	10.054 a 11.070
Vitamina C	
Orthoptera	23.84 a 23.92 mg
Coleoptera	15.44 a 45.76 mg
Lepidoptera	8.6 a 46.33 mg
Hymenoptera	32.1 a 36.14 mg
Vitamina A	
Orthoptera	0.33 a 160.52 UI
Lepidoptera	73.56 a 79.81 UI
Hymenoptera	2.93 a 5.07 UI

En virtud de los resultados y comparaciones anteriores, podemos concluir que los insectos comestibles aportan cantidades significativas de vitaminas que contribuyen al balanceo de la dieta, indígena o campesina, lo que corrobora lo dicho por Zubirán et al. (1974).

XVII. Reciclaje

Desechos sólidos y contaminación. El grave problema que representan los desechos de todo tipo, generados por la forma de vida moderna en donde el enorme crecimiento poblacional de la especie humana y el desarrollo de la industria y la tecnología han alterado el equilibrio biológico, por su enorme consumo de

energía y por la producción de grandes cantidades de desechos (Benitez, 1990), los que ocasionan problemas de contaminación severos, y, conociendo la gran cantidad de desechos orgánicos que existen entre ellos, y, sabiendo también que muchos insectos son recicladores naturales, agentes esenciales en la transformación de diversos de ellos en la naturaleza, ya que se alimentan y explotan prácticamente cualquier fuente en todos los niveles de plantas y animales del planeta, así surgió la línea de investigación "RECICLAJE DE DESECHOS ORGÁNICOS CON EL EMPLEO DE INSECTOS Y SU ULTERIOR USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL".

La contaminación del suelo a diferencia de la del aire

y del agua, es irreversible, lo que indirectamente facilita la introducción de toxinas en las cadenas alimenticias, ésta provoca los lixiviados y la pérdida del suelo al hacer imposible el desarrollo de formas vegetales (Vázquez, 1986), por mucho tiempo, los subproductos pecuarios, como la excreta de vacas, cerdos, reses, borregos, etc. estabulados que llega a ascender a 103 680 toneladas por año en el cultivo de puercos en La Piedad, Michoacán, y 730 mil toneladas por año la planta lechera de Tizayuca Hidalgo, además de los del campo han estado destinados a elaborar fertilizantes (FAO, 1982), y en general a la materia orgánica, se le trata de dar un uso agrícola, pero este tipo de desecho va cargado de metales pesados (Hg, Ph Cr), biocidas (Rostagnat, 1990) etc., y hasta ahora no existen tratamientos económicamente redituables, incluso en la producción de biogas a través de su tratamiento con microorganismos (Edyvean, 1990) tan sólo en la ciudad de México los desechos van de 11

Importancia de los Insectos. Se sabe que los animales actúan como transformadores de los diferentes niveles de energía, de un nivel generalmente bajo que poseen las plantas a niveles superiores que poseen los animales, pero existen dependiendo del tipo de animal, diferentes eficiencias en esta trasducción de la energía, los integrantes de este grupo animal, los insectos son transductores más eficientes que otros grupos animales, ya que por tener un ciclo de vida corto, realizan una velocidad de transferencia más rápida, presentando además una buena eficiencia de conversión, gran poder de reproducción y una adaptación muy elevada, además de la gran variedad de regímenes alimenticios que tienen. Es necesario señalar que las poblaciones con mayor velocidad de crecimiento son los que dominan las fuentes de energía y los insectos sólo son superados por los microorganismos.

Conociendo el valor nutritivo que los insectos poseen (Bukkens, 1997, Conconi, 1993, Chavakunda, 1975, DeFoliart, 1975, 1982, Kondonki et al., 1984, Ladrón de Guevara et al., 1995, Malaise y Parent 1980, Mitsuhashi, 1997, Oliveira et al. 1976, Ramos-Elorduy 1982a y b, 1984, 1985, 1988 a, b, d, 1990, a, b, 1996 b, 1997a, b, 1998 b, c, 1999, 2000, a b, c), faltaría conocer cual es la eficiencia con que transforman el alimento en peso de su propio cuerpo, y a este respecto podemos decir que los insectos son altamente eficientes en su conversión y solo compiten con el pollo que es uno de los animales más eficientes (Taylor, 1975).

Según estudios efectuados, los insectos en la cutícula que recubre su cuerpo, poseen sustancias antibióticas (Goodman, 1989) y por ello no hay desarrollo de microorganismos patógenos, como lo que sucede con otros organismos como los peces, por ejemplo, la anchoveta peruana, cuyo sabor no se neutraliza, la cual es ampliamente utilizada en nutrición animal y que se exporta generalmente a Europa, desarrolla no sólo hongos sino también bacterias patógenas como las salmonelas. Esto, aunque no se ha estudiado exhaustivamente y hasta ahora no hemos encontrado la presencia en ellos de salmonelas, ni bacterias coliformes fecales, ni aerobias mesófilas, y además, poseen menos cantidades de bacterias que la carne de pollo y de pescado, por lo tanto la calidad microbiológica de los insectos es aceptable (Valle et al, 1995), y cabría también preguntarnos, ¿qué tanto de la biomasa de productos alternativos como serían los insectos es aprovechable? Y la respuesta es, su aprovechamiento es integral.

Además, su preservación es simple, su manejo es barato, su procesamiento mínimo y por lo tanto no caro, y sus cualidades biológicas son muy buenas como para favorecer su implementación. El desarrollo de este tipo de recurso, nos proveería de numerosas bondades al utilizar la gran variedad de nutrientes que los insectos poseen, sobre todo de Proteínas.

Alimentación Animal. Por otro lado, la alimentación animal se encuentra en crisis, los insumos en la parte más importante de la ración que son las Proteínas, generalmente son de importación, lo cual ha elevado enormemente los precios, ha conducido a una merma en diferentes aspectos en la producción de leche, carne y huevo en el país, lo que ha decrementado y continuará haciéndolo, la dieta del mexicano en lo relativo a la ingesta de la proteína animal cotidiana.

En general, las raciones animales deben incluir una dieta balanceada con alrededor de un 26% de contenido proteínico dependiendo del animal de que se trate. En un sentido amplio, la alimentación animal ha estado basada en un 60% a 70% en granos de cereales (maíz, trigo, sorgo, arroz, cebada, avena), los cuales aportan principalmente la energía de la ración, ya que poseen un elevado contenido de carbohidratos, y poca cantidad de Proteínas (9-13%) estos son deficitarios en algún aminoácido esencial, más particularmente en Lisina, Metionina y en otros casos Treonina o algún otro (Avila

1980, 1981). Buscándose por ello otras fuentes de estos nutrientes de los que los insectos son ricos. Los cuales son suplementados por la harina de pescado, la soya, el ajonjolí, girasol, cártamo, nabo, harinolina, el garbanzo, el alga espirulina, el cacahuete, la pasta de nabo, la harina de alfalfa y el lirio acuático.

Según Cuca, Avila y Pro (1980) existe una dependencia de la producción de granos y por ende de las variaciones de los costos de adquisición de los mismos, que en un determinado momento deja en entredicho la redituabilidad por los elevados costos de producción, en comparación al precio del mercado.

La falta de producción de insumos para ser empleados en la nutrición animal, nos obliga a la búsqueda de alternativas de sustitución factibles, cuyo abasto este garantizado y cuyo costo sea accesible. Hasta ahora, los insectos no han sido vislumbrados como agentes recicladores, viendo sólo el aspecto negativo de éstos y/o asociándolos con la basura. Sin embargo, entre estas alternativas se encuentran los insectos, tanto para ser empleados en el reciclaje de desechos orgánicos por ser una fuente de Proteínas y así incluirse en las raciones de diversos animales, y también por ser proveedores de otras sustancias como ácidos grasos, pigmentos, vitaminas, y/o minerales de origen natural.

Alimentación de Traspatio (Etnobiología). Sustentándonos en la tradicional alimentación de traspatio, técnica legendaria, en la que hay un conocimiento pragmático profundo que da un asertivo flujo de las energías, que es lo que le ha conferido su sustentabilidad, en donde el reciclaje está generalizado y hay un enlace de la interacción óptima de las diferentes especies biológicas para así minimizar estos desperdicios y maximizar su aprovechamiento y finalmente, cerrar el flujo de energía.

Reciclaje con uso de insectos. Así, en condiciones controladas, los insectos se pueden usar como biotransformadores al convertir los desechos orgánicos, en una biomasa animal rica en Proteínas, necesaria y deseable para la alimentación animal, ya que dada su capacidad fisiológica, transforman desechos de bajo valor nutritivo, en Proteínas de mayor valor biológico y de una mejor calidad (Ramos-Elorduy, 1988 c, Ramos-Elorduy, 1996 b, 1997, Ramos-Elorduy y, Pino, 1990 a, b, 2000 b, c, Ramos

Calcaneo et al., 2000).

Algunos autores han trabajado sobre esto, entre ellos, Andrade (1987), Battacharya y Taylor (1975), Chrappa et al. (1990), Dashefky et al. (1976), Despina (1994), El-Boushy et al. (1985), Dhaliwal et al. (1980), Flores (1981), Lardé (1987), Lozano (1978), Miller et al. (1974), Morgan et al. (1975), Nakagaki et al. (1987), Pacheco, (1979), Papp (1975), Reyes (1975, 1979) Rodríguez et al. (1992), Sonaya (1995), Teotia et al., (1973, 1974), Zuñiga (1978) en general estos autores hicieron el reciclaje en condiciones naturales.

Para obtener las biomásas primero hicimos el análisis de distintos desechos de origen vegetal, en el cuadro 18, 19, 20 se muestra el valor nutritivo de algunos de ellos.

Además se ensayaron distintas mezclas utilizando otros productos como levadura de cerveza y sus propias excretas de manera a equilibrar las raciones y obtener un mayor porcentaje de Proteínas en ellas, con el objeto de incrementar la productividad insectil, la biomasa en gramos obtenida varía de 74.8 g a 129.8 g, teniendo la mayoría de los ensayos de 100 g a 106 g y el valor promedio por organismo es de 0.0798 g en los reciclados con los vegetales (cuadro 21) en ella se muestra el valor nutritivo de los mismos (cuadro 20), y elevando el porcentaje de Proteínas alrededor de un 20% (cuadro 22).

Las biomásas obtenidas empleando desechos orgánicos animales varió dependiendo del substrato ofrecido el cual en el primer ensayo era solo y después se fueron agregando diferentes compuestos como la propia excreta, levadura de cerveza y combinaciones incluyendo además a los desechos orgánicos de origen vegetal en diferente proporción que son las dos últimas cifras, en donde, como podemos ver, se incrementan el número de organismos.

Cuadro 18. Valor nutritivo de diferentes desechos

Medios	Proteínas	Grasas	S. Mineral	Fibra cruda	Hde Carb	KCal/100g
1	5.16	10.44	8.67	11.06	64.64	373.16
2	7.86	13.64	4.56	13.31	60.63	430.97
3	18.08	16.86	6.67	3.91	66.54	449.98
4	6.33	0.95	7.68	15.79	69.25	348.67
5	7.79	8.31	5.94	6.73	71.23	409.06
6	7.34	5.21	4.85	12.20	70.40	396.72

Cuadro 19. Valor nutritivo de desechos orgánicos

Dieta	Proteínas	Grasas	S. Minerales	Fibra cruda	H. de carbono	Kcal
Gallinaza	33.86	6.83	12.04	7.77	38.9	637.52
Borregaza	14.96	5.35	29.83	16.28	33.58	266.58
Estiércol	14.35	3.61	50.76	19.38	11.9	150.62

Cuadro 20. Valor de dietas balanceadas a 20% de

Dietas	Proteínas	Grasas	S. minerales	Fibra cruda	H de Carbono	Kcal/100g
A	19.99	9.38	8.03	16.15	49.24	393.81
B	19.88	8.28	8.43	13.73	52.38	387.54
C	20.09	7.55	7.91	16.67	50.48	373.37
D	19.99	5.57	7.05	12.31	57.75	387.81
E	20.12	8.08	7.99	14.75	51.76	384.03
F	19.98	9.01	7.55	13.33	52.83	396.59

Cuadro 21. Biomásas obtenidas en el reciclaje de desechos orgánicos de origen vegetal y animal (*Tenebrio molitor**)

Ensayos /Productividad (Número de organismos)

1 - 773	9 - 1374	17 - 1298	25 - 1300
2 - 763	10 - 1568	18 - 1720	26 - 2100
3 - 956	11 - 1481	19 - 1250	27 - 1680
4 - 1022	12 - --760	20 - 1300	28 - 1200
5 - 1207	13 - 805	21 - 930	29 -- 930
6 - 1558	14 - 1125	22 - 1560	30 - 1038
7 - 1232	15 - 1375	23 - 510	31 - 1250
8 - 1143	16 - 1100	24 - 1250	Promedio 1112.54

*La mayor parte de los datos fueron tomados de Ramos-Elorduy, Avila, Rocha y Pino (2000c)

Testigo	Gallinaza	Estiércol	Borregaza
977	688	12	12
1040	608	84	14
1059	933	1004	171
1100	1014	1297	1184
	1169	2930	1454
	1976		

La mayor parte de los datos fueron tomados de Lagunes-Lara y García-Vázquez (1994)

Sin embargo, la biomasa en peso del estiércol y la borregaza, incluyendo todos los experimentos, fue en el caso de la borregaza de 33.26 g prácticamente nula al igual que el del estiércol que fue de 56.57 g siendo el de la gallinaza de 146.33 g en total, teniendo como valor más alto 36.95 g al agregarle los desechos orgánicos caseros y el valor promedio por organismo fue de 0.0114 g. Así que podemos darnos cuenta que si bien el número se elevaba el número de dichos organismos era muy pequeño y que quizás dentro de los desechos orgánicos de origen animal existe algún factor que impide el desarrollo de éstos.

En el cuadro 22 se muestra el valor nutritivo de los organismos provenientes de reciclaje.

En cuanto a los aminoácidos que componen las proteínas de estos organismos, podemos decir que éstos varían dependiendo de la dieta, en algunos casos incrementándose algunos de ellos, y en otros disminuyendo, pero en general, superiores a los del lote control (Ramos-Elorduy y Pino 1990 a, Ramos-Elorduy et al., 2000 b, c).

De la misma manera se realizó el reciclaje de desechos orgánicos de origen animal, cuyo valor nutritivo se ve en el cuadro 19, en donde se nota que el valor de

Proteínas es superior y que la cantidad de hidratos de carbono es menor a la de los desechos orgánicos de origen vegetal. En el caso de la gallinaza su contenido es casi del doble de la de los desechos orgánicos de origen vegetal, mientras que la de la borregaza y el estiércol sólo poseen la mitad o menos.

El valor nutritivo de estos organismos (cuadro 22) en general se incrementa de un 7 a un 50% con relación a las Proteínas, pero disminuye significativamente su contenido en grasas y aumenta en más del 50% el de los hidratos de carbono que albergan y el contenido energético es menor que los de la tabla 24 empleando sólo desechos orgánicos de origen vegetal.

En efecto, los insectos efectúan una trasducción elevada de estos nutrientes, principalmente de aquellos de origen vegetal con una mayor o menor eficacia dependiendo de la especie de insecto y del medio empleado consumiendo la totalidad o casi totalidad del substrato dependiendo del tipo de medio utilizado, y obteniéndose biomásas que albergan cantidades significativas de Proteínas.

Además, hemos empleado moscas, cucarachas y grillos reciclando diversos desechos, observando que estos insectos transforman de un 5% a un 8% de Proteínas

Cuadro 22. Valor nutritivo de *Tenebrio molitor* L. Reciclando desechos vegetales y animales (base seca, g/100 g)

Medio	Proteína	Grasas	S. Mineral	Fibra cruda	Hde carb	Kcal/100g
1	44.73	46.39	2.42	4.68	0.98	623.20
2	48.00	41.83	3.11	4.915	2.15	611.82
3	43.90	43.90	3.13	5.23	3.84	627.21
4	47.91	41.07	2.29	4.44	4.29	623.83
5	46.14	43.30	2.73	4.81	2.81	621.52

*La mayor parte de los datos fueron tomados de Ramos-Elorduy, Avila, Rocha y Pino (2000c)

Dieta	Proteínas	Grasas	S. Mineral	Fibra cruda	Hde Carb	Kcal/100g
Gallinaza + L	58.08	16.69	4.62	7.25	13.36	471.69
Gallinaza + DOC	51.45	29.07	3.61	5.62	10.25	539.29
Estiércol +L	69.44	2.25	9.08	8.1	11.14	382.86
Estiércol + DOC	52.98	21.09	6.35	8.74	10.84	477.00
Borregaza + L	64.70	3.02	7.66	10.36	14.26	382.50
Borregaza + DOC	46.69	33.76	4.21	5.97	9.37	556.12
Testigo	44.67	37.27	3.2	4.96	7.06	568.31

L = Levadura DOC = Desechos orgánicos. Datos tomados de Lagunes-Lara y García-Vázquez (1994)

de mala calidad que albergan los desechos en 44% a 63% de Proteínas de buena calidad (Ramos-Elorduy J., 1988, 1997), por ello los desechos de tipo orgánico de origen vegetal (hasta la fecha) pueden ser utilizados para obtener Proteínas a precios reducidos para la alimentación animal.

De esta manera, implementamos una serie de experimentos tendientes a obtener la biomasa insectil en condiciones favorables, analizando dietas y balanceando éstas, para la obtención de mejores resultados y mejores eficiencias de conversión.

Ensayos de alimentación animal. Una vez obtenidas las biomásas insectiles, se comparaban con las biomásas obtenidas en los controles cultivados en medios óptimos y con dichas biomásas se elaboraban raciones para ser empleadas en alimentación de pollos, peces, conejos y cerdos de acuerdo a lo estipulado por las recomendaciones de la National Research Council (NRC), en donde éstos insectos se incluían en diferentes porcentajes, y cuyos resultados los apuntan como una alternativa viable y rentable.

En el cuadro 23 se muestran algunos de los ensayos de alimentación animal realizados en pollos, peces y cerdos, en donde en las dietas control el contenido de Proteínas en éstas estaba dado por soya 44% en el caso de la alimentación avícola, en el caso de los peces fue comparado con dietas comerciales (Albamex o Purina) que se emplean en las factorías de producción, y en el caso de los puercos fueron comparados con soya 44% y con plasma porcino que son los productos que se emplean en la elaboración de raciones.

Como podemos ver las eficiencias de conversión demostradas fueron semejantes a los controles y esto se traduce en ganancias económicas.

Otros autores en el mundo han realizado experimentos sobre nutrición animal empleando insectos, los cuales han sido recolectados en la naturaleza y en general realizados para alimentación de pollos (cuadro 24). Y que también postulan a los insectos como una buena fuente de alimentación animal. Aquí se muestran algunos de ellos

Por los resultados arrojados se desprende la factibilidad de su implementación al reciclar diversos tipos de

esquilmos, demostrándose la potencialidad de diversas especies de insectos en este aspecto.

Las ventajas del uso de insectos, radican en el hecho de la variedad de sus regímenes alimenticios y por ello no compiten generalmente con el hombre por su alimento, esta omnivoría les permite alimentarse de una enorme diversidad de productos.

Ya que la sociedad en general no ha aceptado la colecta selectiva, es entonces al nivel de la concepción de los productos donde el esfuerzo debe de hacerse, sino queremos seguir acumulando venenos que a largo plazo nos acabarían, advirtiendo y no exonerando a los consumidores de su responsabilidad y señalarles, decirles que si quieren modificar el decorado, deben de cambiar primero ellos mismos. Porque ante los enormes volúmenes de desechos generados, es absolutamente imprescindible una reorientación de las políticas de producción, consumo y reaprovechamiento de los residuos, así como reanalizar el impacto que éstos tienen sobre la calidad de vida de las poblaciones, su salud y en los ecosistemas.

La alimentación animal se encuentra en crisis, los insumos son la parte más importante de la ración que son las Proteínas, generalmente de importación, lo cual ha elevado enormemente los precios y ha conducido a una merma en diferentes aspectos en la producción de leche, carne y huevo, en el país lo que ha decrementado y continuará haciéndolo, la dieta de muchos mexicanos en lo relativo a la ingesta de la proteína animal cotidiana.

XVIII. Conclusiones

Los insectos poseen muchas cualidades, por lo cual se debe considerar su potencial como alimento humano, ellas no son fáciles de igualar por otros grupos animales, entre los que se encuentran los llamados "alimentos convencionales" (cuadro 17).

Si este grupo ha permanecido con éxito durante 350 millones de años a pesar de la situación en la que se encuentra el planeta, siendo el más abundante y diversificado, su presencia continuará, por lo que se debe de promover y fomentar apoyando la persistencia de la entomofagia y hacer cultivos a diferentes escalas

Cuadro 23. Resultados obtenidos de alimentación animal empleando insectos

% de inclusión	E. C	Peso ganado	Alimento consumido	Pollos
<i>Tenebrio molitor</i>				
0	1.37	460.00	628.3	Arbor Acrex X Vantres (Ramos-Elorduy, Avila, Rocha y Pino, 2000)
5	1.39	459.00	641.0	
10	1.34	475.20	637.0	
0	1.36	849.36	576.71	Isa Brown (Ramos-Elorduy, Avila y Pino, 2000)
5	1.27	902.27	574.79	
10	1.32	868.23	572.91	
20	1.20	942.04	566.30	
0	1.90	498.39	939.83	Arbor Acrex (Perdomo, 1999)
2.5	1.98	479.93	948.13	
5	2.37	392.13	931.20	
10	2.33	400.19	931.76	
<i>Musca domestica</i>				
0	1.63	1.66.06	272.16	Indian River (Ramos Calcano, Ramos-Elorduy, Avila y Pino, 1999)
50	1.38	230.50	319.11	
10	1.45	182.30	265.00	
25	1.37	246.56	339.10	
<i>Cochlyomia hominivorax</i>				
0	1.71	172.60	276.70	Indian River (Ramos Calcano, Ramos-Elorduy, Avila y Pino, 1999)
5	1.29	254.25	328.06	
10	1.26	187.81	240.93	
25	1.24	193.66	275.96	
30	1.30	254.50	331.02	
<i>Sphenarium purpurascens</i>				
0	1.41	178.60	252.03	Indian River (Ramos Calcano, Ramos-Elorduy, Avila y Pino, 1999)
30	1.47	170.60	250.90	
Axayacatl				
0	1.59	578.50	844.10	Arbor Acrex (Barrera, 1999)
2.5	1.78	563.00	919.50	
5	1.90	552.60	966.20	
10	1.93	538.00	954.80	
<i>Periplaneta americana</i>				
0	2.6	2.34	6.08	Peces <i>Carassius auratus</i> L. (Hernández, Ramos-Elorduy y Pino, 1998)
10	2.5	2.14	5.35	
20	2.8	2.20	6.16	
30	2.2	2.49	5.48	
<i>Musca domestica</i>				
0	1.38	158.80	219.14	<i>Salmo gairdneri</i> (Trucha arcoriris) (Ramos-Elorduy, Villegas y Pino, 1988)
100	1.28	270.00	345.60	
<i>Tenebrio molitor</i>				
Tenebrio 8%	1.67	0.429	0.714	Puercos York Landrace White al deste 23 días de edad (Gamboa, 1998)
Plasma porcino 8%	1.59	0.479	0.762	
Soya 31.37%	1.90	0.362	0.686	

E. C. = Eficiencia de conversión

Cuadro 24. Ensayos de alimentación animal en otras partes del mundo

Autor	Orden	Especie	Ensayo	País
Finke et al. 1985	Orthoptera	<i>Anabrus simplex</i>	Pollos	USA
Ichponani y Malek, 1971	Lepidoptera	<i>Bombyx morus</i>	Pollos	Japón
Wijayasinghe y Rajaguru 1977	Lepidoptera	<i>Bombyx morus</i>	Pollos	India
Despins, J.L. 1994	Coleoptera	<i>Alphitobius diaperinus</i>	Pollos	Canada y USA
Hale, 1973	Diptera	<i>Hermetia illuscens</i>	Pollos	USA
Ocio et al. 1979	Diptera	<i>Musca domestica</i>	Pollos	España
Teotia y Miller, 1973	Diptera	<i>Musca domestica</i>	Pollos	USA
Chrappa et al. 1990	Diptera	<i>Musca domestica</i>	Pollos	Checoslovaquia
Dhaliwal et al. 1980	Diptera	<i>Musca domestica</i>	Pollos	India
Rodríguez et al. 1992	Diptera	<i>Musca domestica</i>	Pollos	Cuba
Sonaya 1995	Diptera	<i>Musca domestica</i>	Pollos	Nigeria
Hemsted 1947	Orthoptera	<i>Locusta migratoria</i>	Puercos	Sudáfrica
Papp 1975	Diptera	<i>Musca domestica</i>	Puercos	Hungría

Cuadro 25. Características cruciales de los insectos

1. Enorme biodiversidad y cantidad.
2. Ciclo de vida en general corto.
3. Se encuentran en cualquier ecosistema terrícola o dulceacuícola, colonizan varios hábitat y nichos ecológicos únicos.
4. En general se localizan en grandes cantidades en el mismo lugar.
5. Son numerosos y aceptablemente comestibles.
6. Poseen elevadas poblaciones y biomasa en la naturaleza.
7. Tienen alto potencial reproductivo.
8. Poseen gran variedad de regímenes alimenticios. Utilizan en su alimentación recursos silvestres que el hombre no utiliza.
9. Forman parte de alimentación tradicional de muchas culturas en el mundo.
10. Poseen buenas cualidades organolépticas (color, olor, textura, sabor).
11. Buen valor nutritivo en relación con los parámetros primarios y micronutrientes.
12. Alojjan grandes cantidades de proteínas de buena calidad.
13. Buen balance de los aminoácidos esenciales de sus proteínas.
14. Mayor cantidad de aminoácidos esenciales que otros productos animales convencionales.
15. Buenas calificaciones químicas.
16. Baja cantidad de fibra cruda.
17. La mayor parte de sus grasas son poliinsaturadas.
18. Albergan sales minerales importantes para el funcionamiento del organismo.
19. Albergan vitaminas importantes para el funcionamiento del organismo.
20. Proveen una cantidad de energía significativa.
21. Poseen buena digestibilidad tanto de la materia seca como de las proteínas.
22. Poseen una gran variedad de sabores, y son versátiles en su preparación.
23. Generalmente tienen consistencia crocante.
24. Fáciles de conservar, preservar y almacenar.
25. Su aprovechamiento es integral, su biomasa se aprovecha totalmente siendo que por ejemplo en el pescado se aprovecha 40% o menos, al igual que en la mayor parte de los vertebrados.

Continuación cuadro 25.

- 26.El cultivo de muchas especies está controlado.
- 27.Su cultivo generalmente es sencillo.
- 28.Su cultivo puede usar recursos no utilizados por el hombre.
- 29.Los costos del cultivo generalmente son bajos.
- 30.Sus cultivos pueden usar desechos como sustrato.
- 31.Su cultivo no genera producción de desechos.
- 32.Su excreta se puede usar como fertilizante orgánico.
- 33.Su cultivo da una retribución alimenticia y económica.
- 34.Tienen buena eficiencia de conversión, mejor que otros animales.
- 35.Poseen buenas tasas de transformación en cuanto a la energía (Jones and Madsen 1991).
- 36.Pueden ser incluidos en la moderna tecnología de alimentos.
- 37.Se piensa utilizarlos en viajes espaciales de larga duración para reciclar y proveer las proteínas necesarias, cultivándolos.
- 38.Concentran sustancias nutritivas y medicinales.
- 39.Se utilizan en la medicina tradicional de muchos países de todo el mundo.
- 40.Se utilizan en la medicina homeopática e muchos países de todo el mundo.
- 41.Son y pueden ser una fuente de principios activos para ser utilizados en la medicina alopática, ya que pocas especies son usadas en la actualidad.
- 42.En la pirámide ecológica ocupan el segundo lugar en el aprovechamiento de la energía solar.
- 43.Se utilizan en la medicina homeopática e muchos países de todo el mundo.
- 44.Son y pueden ser una fuente de principios activos para ser utilizados en la medicina alopática, ya que pocas especies son usadas en la actualidad.
- 45.En la pirámide ecológica ocupan el segundo lugar en el aprovechamiento de la energía solar.

de las especies que ofrecieran los atributos buscados, recordando que lo que el país necesita, es la llamada "tecnología intermedia" que no requiere de una compleja infraestructura, por lo tanto, de bajo costo, tomando en cuenta las características del ecosistema donde se encuentre cada especie, realizando también un enaltecimiento de los valores psicológicos ofrecidos por los anuncios publicitarios.

El mejoramiento de la salud de las poblaciones rurales de nuestro país y por ende el abatimiento de la mala nutrición que en la actualidad prevalece en algunos estado de la República, depende en gran parte de la explotación y del desarrollo de los recursos alimenticios autóctonos y de una mejor utilización de los alimentos convencionales, lo cual requiere del conocimiento del valor nutritivo de los alimentos locales.

Los insectos comestibles estudiados desempeñan un papel importante en la alimentación de mucha gente

del área rural, son consumidos durante todo el año dependiendo de su abundancia, ya que unas especies son univoltinas y otras bivoltinas o polivoltinas, complementando de esta manera la alimentación de dicha gente, al igual que lo hacen otros recursos silvestres, más aun, en estas personas con una economía natural ó de subsistencia, en donde los insectos no tienen costo alguno, sino sólo el conocerlos y explotarlos en su beneficio.

Potencialidad de los insectos comestibles

- Da alimento y mantenimiento a la gente de áreas rurales, los que en general son indígenas.
- Fortifica la alimentación, ya que los insectos se consideran concentrados proteínicos por su elevada digestibilidad.
- Disminuye la morbilidad y la mortalidad infantil.

- Todo ello redunda en un mayor crecimiento físico, mental, social y económico.
- Con la formación de agroindustrias se tendría:
 - Dar trabajo a la gente del lugar
 - Abastecería el mercado interno
 - Captaría divisas a través de su exportación
 - Elevaría el nivel de vida.
- Con el incremento del número de nidos y/o individuos por unidad de área la producción aumentaría.
- En los ecosistemas acuáticos se tendrían los períodos óptimos de la explotación de una especie, y se podrían aumentar sus poblaciones.
- Con el mejoramiento de las técnicas de captura se podría obtener una mayor biomasa de éstos.
- En tecnología de alimentos, los insectos pueden ser:
 - Se podría lograr el mejoramiento de sus sabores en condiciones naturales, dependiendo de las plantas de alimentación.
 - Se podrían hacer buenas recetas que les confiera mayor apetitividad para la gente del área urbana.
 - Como negocios en potencia están el cultivo de diversas especies
 - Su comercialización
 - Su enlatado o envasado.
- En MEDICINA TRADICIONAL son empleados en el tratamiento de diversas enfermedades. Cuadro 26.
- En ALIMENTACIÓN ANIMAL se podrían también establecer agroindustrias de algunos de ellos, reciclando desechos orgánicos.
- Se pueden emplear en alimentación de:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> · Envasados · Envueltos en chocolate · O incluidos en dulces. (caramelos o barras de granola). | <ul style="list-style-type: none"> · Peces · Pollos · Avestruces · Cerdos |
|--|---|

Cuadro 26. Total de enfermedades tratadas con insectos

PIEL	57
APARATO DIGESTIVO	58
SISTEMA RENAL	22
APARATO RESPIRATORIO	34
APARATO REPRODUCTOR	31
APARATO CIRCULATORIO	21
SISTEMA NERVIOSO Y LINFÁTICO	28
SISTEMA NEUROMUSCULAR	13
SISTEMA ÓSEO	10
OJOS	21
OÍDO	4
INMUNOLOGÍA	6
ENDOCRINO	4
OTROS	43
TOTAL	352
103 especies tratan 352 enfermedades	

Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas: ilustrando la estrategia con un ejemplo práctico de diseño agroecológico en vinedos

Clara Ines Nicholls
nicholls@uclink.berkeley.edu
Universidad de California, Berkeley

Introducción

Muchos científicos de todo el mundo han comenzado a reconocer el papel y la importancia de la biodiversidad en el funcionamiento de los sistemas agrícolas. En ecosistemas naturales la regulación interna de su funcionamiento es substancialmente un producto de procesos y sinergias ligadas a la biodiversidad. Esta forma de control se pierde progresivamente con la intensificación y la simplificación agrícola, de manera que para funcionar los monocultivos deben ser subvencionados con altos niveles de insumos químicos (Thrupp, 1998). La preparación de la cama de semillas y la siembra mecanizada reemplazan a los métodos naturales de dispersión de semillas; los plaguicidas químicos reemplazan los controles naturales de las poblaciones de insectos y patógenos; y la manipulación genética reemplaza los procesos naturales de evolución y selección de plantas. Igualmente se altera la descomposición, ya que las plantas se cosechan y la fertilidad del suelo se mantiene, pero no a través del reciclaje biológico de nutrientes sino a través del uso de fertilizantes (Gliessman, 1998).

Una de las razones más importantes para mantener y/o incrementar la biodiversidad natural es el hecho de que ésta proporciona una gran variedad de servicios ecológicos (Altieri, 1994). En ecosistemas naturales, la cubierta vegetativa de un bosque o pradera previene la erosión del suelo, regula el ciclo del agua controlando inundaciones, reforzando la infiltración y reduciendo

el escurrimiento del agua. En sistemas agrícolas, la biodiversidad cumple funciones que van más allá de la producción de alimentos, fibra, combustible e ingresos. Algunas de éstas incluyen el reciclaje de nutrientes, el control del microclima local, la regulación de procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables, y la detoxificación de residuos químicos nocivos. Estos procesos de renovación y servicios del ecosistema son principalmente biológicos, por consiguiente su persistencia depende del mantenimiento de la diversidad biológica o biodiversidad. Cuando estos servicios naturales se pierden por la simplificación biológica, los costos económicos y medioambientales pueden ser significativos. En la agricultura los costos económicos incluyen la aplicación de insumos externos costosos (fertilizantes y pesticidas) a los cultivos, ya que los agroecosistemas que han sido privados de sus componentes funcionales básicos no tienen la capacidad para subsidiar su fertilidad del suelo y de regular las plagas. A menudo estos costos involucran una reducción en la calidad de la vida rural en general, debido a la degradación del suelo, la pérdida de la calidad del agua y alimentos cuando se produce contaminación por plaguicidas y/o nitratos (Altieri, 1995).

En ninguna otra situación son más evidentes las consecuencias de la reducción de la biodiversidad que en el que hacer del manejo de plagas agrícolas. La inestabilidad de los agroecosistemas se pone de manifiesto a través del empeoramiento de los problemas de insectos plaga, ligados a la expansión de

monocultivos a expensas de la vegetación natural, disminuyendo la diversidad del hábitat local (Altieri y Letourneau, 1982; Flint y Roberts, 1988). Las comunidades de plantas que se modifican para satisfacer las necesidades especiales de los humanos, quedan inevitablemente sujetas a daños por plagas y generalmente, mientras más intensamente se modifican tales comunidades más abundantes y serios son los problemas de plagas. En la literatura agrícola, están bien documentados los efectos de la reducción de la diversidad de plantas sobre las erupciones de plagas de herbívoros y patógenos (Andow, 1991; Altieri, 1994). Tales reducciones drásticas en la biodiversidad de plantas y los efectos epidémicos resultantes pueden afectar adversamente la función del ecosistema con consecuencias graves sobre la productividad y sustentabilidad agrícola.

En agroecosistemas modernos, la evidencia experimental sugiere que la biodiversidad puede usarse para el manejo óptimo de plagas (Altieri y Letourneau, 1994; Andow, 1991). Varios estudios han demostrado que es posible estabilizar las comunidades de insectos en agroecosistemas diseñando arreglos espaciales y temporales de vegetación que sostiene poblaciones de enemigos naturales o que tienen un efecto deterrente directo sobre los herbívoros (Perrin, 1980; Risch et al., 1983). Este capítulo analiza las varias opciones de diseños del agroecosistema, que basados en la teoría agroecológica actual, conllevan el uso óptimo de la biodiversidad funcional para el control biológico de plagas en campos de cultivo. Estos principios se ilustran con un estudio de caso de un viñedo orgánico diversificado con cultivos de cobertura y un corredor biológico en el norte de California.

La naturaleza y función de la biodiversidad

La biodiversidad se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan recíprocamente dentro de un ecosistema. En todos los agroecosistemas, existen polinizadores, enemigos naturales, lombrices de tierra y microorganismos del suelo, todos componentes claves de la biodiversidad que juegan papeles ecológicos importantes, al mediar procesos como introgresión genética, control natural, ciclaje de nutrientes, descomposición, etc. (Figura 1). El tipo y la abundancia

de biodiversidad depende de la estructura y manejo del agroecosistema en cuestión. En general, el nivel de biodiversidad insectil en los agroecosistemas depende de cuatro características principales (Southwood y Way, 1970):

1. La diversidad de vegetación dentro y alrededor del agroecosistema.
2. La durabilidad del cultivo dentro del agroecosistema.
3. La intensidad del manejo.
4. El aislamiento del agroecosistema de la vegetación natural.

En general, un agroecosistema que es más diverso, más permanente, rodeado de vegetación natural y que se maneja con pocos insumos (p. ej. sistemas tradicionales de policultivos y agrosilvopastoriles) exhibe procesos ecológicos muy ligados a la amplia biodiversidad del sistema. Esto no sucede en sistemas simplificados (monocultivos modernos) que deben ser subsidiados con altos insumos al carecer de biodiversidad funcional.

Todos los agroecosistemas son dinámicos y están sujetos a diferentes tipos de manejo, de manera que los arreglos de cultivos en el tiempo y en el espacio están cambiando continuamente de acuerdo con factores biológicos, socioeconómicos y ambientales. Tales variaciones en el paisaje determinan el grado de heterogeneidad característica de cada región agrícola, la que a su vez condiciona el tipo de biodiversidad presente y la cual puede o no beneficiar la protección de cultivos en agroecosistemas particulares. Uno de los mayores desafíos para los agroecólogos es identificar ensamblajes de biodiversidad, ya sea a nivel del campo o paisaje, que rendirán resultados favorables tales como regulación de plagas. El desafío de diseñar tales arquitecturas solamente se podrá enfrentar estudiando las relaciones entre la diversificación de la vegetación y la dinámica poblacional de herbívoros y sus enemigos naturales asociados en agroecosistemas particulares.

Los componentes de la biodiversidad en agroecosistemas se pueden clasificar de acuerdo a la función que juegan en el agroecosistema. Según esto la biodiversidad se puede agrupar como:

- Biodiversidad productiva: cultivos, árboles y animales que son elegidos por los agricultores y que establecen el nivel básico de diversidad útil en el sistema

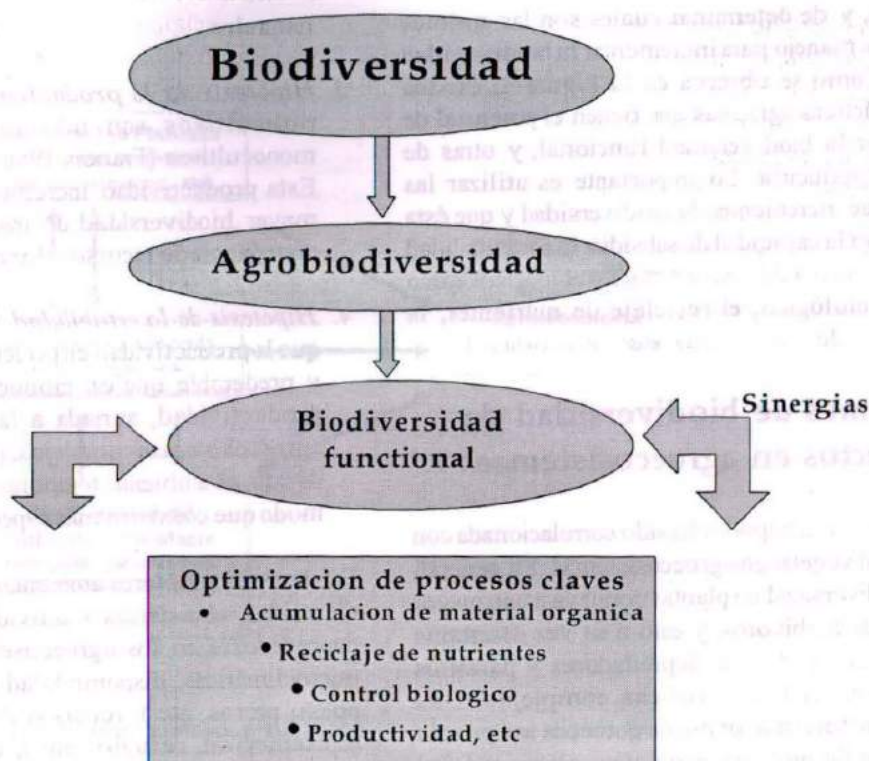


Figura 1. Biodiversidad Funcional

Biota funcional: organismos que contribuyen a la productividad a través de la polinización, control biológico, descomposición, etc.

Biota destructiva: malezas, insectos plaga y patógenos que reducen la productividad cuando alcanzan niveles poblacionales altos.

Estas categorías pueden agruparse en otra forma propuesta por Vandermeer y Perfecto (1995) que reconocen dos tipos de componentes de la biodiversidad. El primer componente, *biodiversidad planificada o productiva*, incluye los cultivos y animales incluidos en el agroecosistema por el agricultor y la cual variará de acuerdo al manejo y los arreglos de cultivos. El segundo componente, *la biodiversidad asociada*, incluye la flora y fauna del suelo, los herbívoros, descomponedores y depredadores, que colonizan al agroecosistema desde los ambientes circundantes y que permanecerán en el agroecosistema dependiendo del tipo de manejo adoptado. La relación entre los dos

componentes de biodiversidad se ilustra en la Figura 2. La biodiversidad planificada tiene una función directa como lo señala la flecha que conecta a la caja de biodiversidad planificada y la caja de la función del agroecosistema. La biodiversidad asociada también tiene una función, pero está mediada por la biodiversidad planificada que también exhibe una función indirecta. Por ejemplo en un sistema agroforestal, los árboles crean sombra, lo que hace posible que sólo crezcan cultivos tolerantes a la sombra. Por lo tanto la función directa de los árboles es crear sombra. Pero asociadas a los árboles existen pequeñas avispas que buscan el néctar en las flores de los árboles. Estas avispas son parasitoides naturales de plagas que normalmente atacan a los cultivos. Las avispas son parte de la biodiversidad asociada. Así los árboles crean sombra (función directa) y atraen avispas (función indirecta) (Vandermeer y Perfecto, 1995).

Es clave identificar el tipo de biodiversidad que es deseable de mantener o incrementar de manera que se puedan llevar a cabo las funciones (o servicios)

ecológicos, y de determinar cuales son las mejores prácticas de manejo para incrementar la biodiversidad deseada. Como se observa en la Figura 3, existen muchas prácticas agrícolas que tienen el potencial de incrementar la biodiversidad funcional, y otras de inhibirla o reducirla. Lo importante es utilizar las prácticas que incrementen la biodiversidad y que ésta a su vez tenga la capacidad de subsidiar la sostenibilidad del agroecosistema al proveer servicios ecológicos como el control biológico, el reciclaje de nutrientes, la conservación de suelo y agua, etc.

Patrones de biodiversidad de insectos en agroecosistemas

La diversidad de artrópodos ha sido correlacionada con la diversidad vegetal en agroecosistemas. En general, una mayor diversidad de plantas conlleva a una mayor diversidad de herbívoros, y esto a su vez determina una mayor diversidad de depredadores y parásitos resultando en cadenas tróficas complejas. Una biodiversidad total mayor puede entonces asegurar la optimización de procesos ecológicos claves y así el funcionamiento de los agroecosistemas (Altieri 1984). Se ofrecen varias hipótesis para apoyar la idea de que los sistemas diversificados estimulan una mayor biodiversidad de artrópodos (Altieri y Letourneau, 1982):

1. *La hipótesis de la heterogeneidad de hábitat.* Los sistemas de cultivos complejos albergan más especies que los hábitat agrícolas simplificados. Los sistemas con asociaciones heterogéneas de plantas poseen más biomasa, recursos alimenticios y persistencia temporal; por lo tanto poseen más especies de insectos asociadas que los sistemas de monocultivo. Aparentemente, la diversidad de especies y la diversidad estructural de plantas son importantes para determinar la diversidad de insectos.
2. *Hipótesis de la depredación.* La abundancia incrementada de depredadores y parasitoides en asociaciones diversas de plantas reduce la densidad de presas/hospederos (Root, 1973), por lo que la competencia entre herbívoros se reduce, lo que a su vez permite la adición de nuevas especies de herbívoros que soportan a más especies de enemigos

naturales.

3. *Hipótesis de la productividad.* En general los policultivos son más productivos que los monocultivos (Francis, 1986 y Vandermeer, 1989). Esta productividad incrementada resulta en una mayor biodiversidad de insectos dada la mayor abundancia de recursos alimenticios.
4. *Hipótesis de la estabilidad.* Esta hipótesis asume que la productividad en policultivos es más estable y predecible que en monocultivos. Esta mayor productividad, aunada a la heterogeneidad de agroecosistemas complejos, permite a los insectos dividir el ambiente temporal y espacialmente, de modo que coexisten más especies de insectos.

Existen varios factores ambientales que influyen en la diversidad, abundancia y actividad de parasitoides y depredadores en los agroecosistemas: condiciones microclimáticas, disponibilidad de alimentos (agua, polen, presas, etc.), recursos del hábitat (sitios de reproducción, refugio, etc.), competencia interespecífica y presencia de otros organismos (hiperparásitos, depredadores, etc). Los efectos de cada uno de estos factores variará de acuerdo al arreglo espacio-temporal de cultivos y a la intensidad de manejo; ya que estos atributos afectan la heterogeneidad ambiental de los agroecosistemas (van den Bosch y Telford, 1964).

A pesar de que los enemigos naturales varían ampliamente en su respuesta a la distribución, densidad y dispersión de cultivos, la evidencia señala que ciertos atributos estructurales del agroecosistema (diversidad vegetal, niveles de insumos, etc.) influyen marcadamente en la dinámica y diversidad de depredadores y parasitoides. La mayoría de estos atributos se relacionan con la biodiversidad y están sujetos al manejo (ej. asociaciones y rotaciones de cultivos, presencia de malezas en floración, diversidad genética, etc.). Basándose en la información disponible, la biodiversidad de enemigos naturales y su efectividad se puede incrementar en los agroecosistemas de las siguientes maneras (Rabb et al., 1976; Altieri y Whitcomb, 1979):

- mediante introducciones múltiples de enemigos naturales a través de enfoques aumentativos de control biológico;

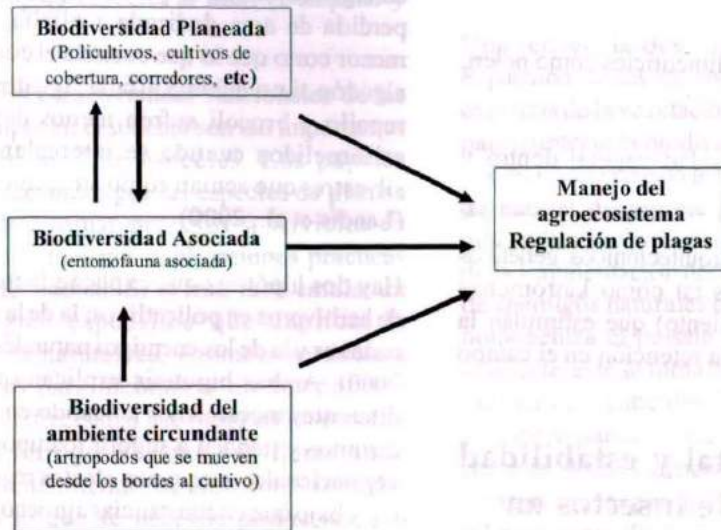


Figura 2. Relacion entre biodiversidad planeada y

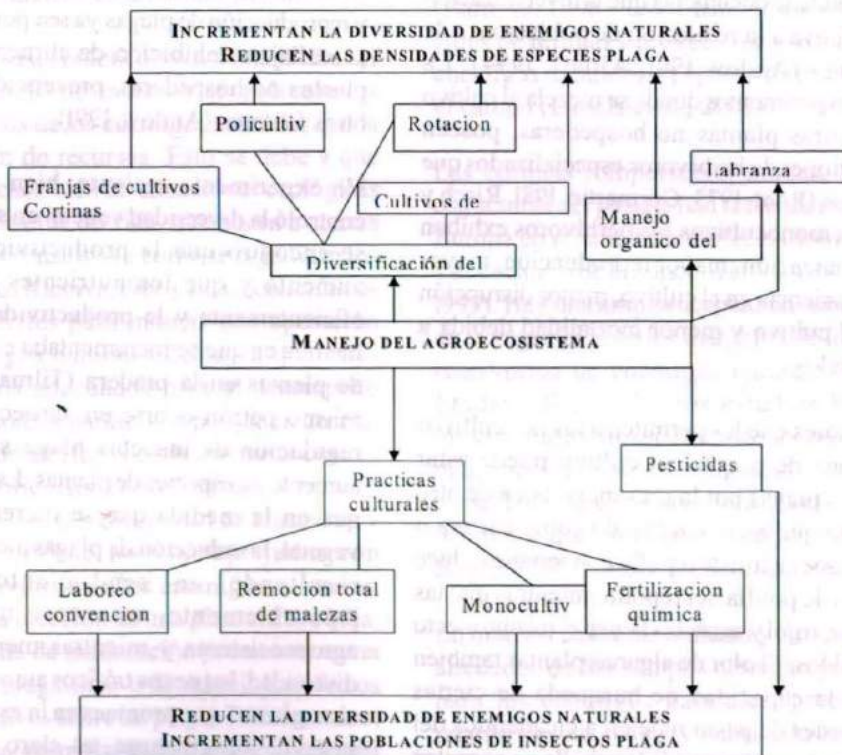


Figura 3. Efectos de las practicas agricolas y el manejo del agroecosistema en las poblaciones de insectos plaga y enemigos naturales

- reduciendo la mortalidad de los enemigos naturales al eliminar plaguicidas;
- proporcionando recursos alimenticios como polen, néctar, presas/hospederos;
- incrementando la diversidad vegetal dentro y alrededor del cultivo;
- manipulando los atributos arquitectónicos, genéticos y químicos de las plantas tal como kairomonas (químicos del comportamiento) que estimulan la capacidad de búsqueda y la retención en el campo de los enemigos naturales.

Biodiversidad vegetal y estabilidad de poblaciones de insectos en agroecosistemas

Desde 1970 la literatura provee cientos de ejemplos de experimentos donde se documenta que la diversificación de cultivos conlleva a la reducción de poblaciones de herbívoros plaga (Andow 1991, Altieri, 1994). La mayoría de los experimentos donde se mezcla el cultivo principal con otras plantas no hospederas, poseen menores poblaciones de herbívoros especializados que los monocultivos (Root, 1973, Cormartie, 1981, Risch y otros, 1983). En monocultivos los herbívoros exhiben una mayor colonización, mayor reproducción, mayor tiempo de permanencia en el cultivo, menor disrupción en encontrar el cultivo y menor mortalidad debida a enemigos naturales.

Hay varios factores que les permiten a los policultivos limitar el ataque de plagas. El cultivo puede estar protegido de las plagas por la presencia física de otro cultivo más alto que estaría actuando como barrera o camuflaje. La asociación de repollo con tomate reduce las poblaciones de polilla del repollo, mientras que las mezclas de maíz, frijol y calabaza tienen el mismo efecto sobre crisomelidos. El olor de algunas plantas también puede afectar la capacidad de búsqueda de ciertas plagas. Los bordes de pasto repelen a cicadelidos del frijol y los estímulos químicos de la cebolla no permiten a ciertas especies de moscas encontrar a zanahorias en un policultivo (Altieri, 1994).

También hay cultivos que dentro de una combinación pueden actuar como cultivo trampa. Franjas de alfalfa en algodón atraen al chinche *Lygus*; aunque hay una pérdida de área dedicada a alfalfa, esto representa menor costo que lo que costaría el control de *Lygus* en algodón si no hubiera alfalfa. Igualmente cultivos de repollo y brocoli sufren menos daño por afidos y crisomelidos cuando se intercalan con crucíferas silvestres que actúan como atrayentes de estas plagas (Landis et al., 2000).

Hay dos hipótesis que explican la menor abundancia de herbívoros en policultivos: la de la concentración de recursos y la de los enemigos naturales (Smith y Sorely, 2000). Ambas hipótesis explican que pueden haber diferentes mecanismos actuando en agroecosistemas distintos y tienden a sugerir los tipos de ensamblajes vegetacionales que poseen efectos reguladores y los que no, y bajo que circunstancias agroecológicas y que tipo de manejo (Root, 1973). De acuerdo a estas hipótesis, una menor densidad de herbívoros puede ser el resultado de una mayor depredación y parasitismo, o alternativamente el resultado de una menor colonización y reproducción de plagas ya sea por repelencia química, camuflaje o inhibición de alimentación por parte de plantas no-hospederas, prevención de inmigración u otros factores (Andow, 1991).

Un experimento reciente, bien replicado donde se controló la diversidad vegetal en sistemas de praderas, se encontró que la productividad del ecosistema aumentó y que los nutrientes se utilizaron mas eficientemente y la productividad fue mayor, en la medida en que se incrementaba el número de especies de plantas en la pradera (Tilman et al., 1996). Este mismo patrón ocurre en agroecosistemas, donde la regulación de insectos plaga se acrecienta con el aumento de especies de plantas. La evidencia demuestra que en la medida que se incrementa la diversidad vegetal, la reducción de plagas alcanza un nivel óptimo resultando en rendimientos más estables. Aparentemente, mientras más diverso es el agroecosistema y mientras menos disturbada es la diversidad, los nexos tróficos aumentan desarrollandose sinergismos que promueven la estabilidad poblacional insectil. Sin embargo, es claro que esta estabilidad depende no sólo de la diversidad trófica sino más bien de la respuesta dependiente de la densidad que tengan los niveles tróficos más altos (Southwood y Way, 1970). En otras palabras, la estabilidad depende de la precisión

de la respuesta de cada nivel trófico al incremento poblacional en un nivel inferior. Lo que es clave para alcanzar regulación biótica, es la diversidad selectiva y no una colección de especies al azar, (Dempster y Coaker, 1974).

Aparentemente las características funcionales de las especies que componen el sistema son tan importantes como el número total de especies. Los papeles funcionales representados por las especies de plantas son claves en determinar procesos y servicios en agroecosistemas. Esto tiene implicaciones prácticas para el manejo del hábitat. Si es más fácil emular un proceso ecológico específico que duplicar la complejidad de la naturaleza, entonces se debería realizar esfuerzos para incorporar un componente específico de la biodiversidad que juegue un rol especial (p. ej. que fija nitrógeno o que sus flores atraen parasitoides). Dependiendo de las condiciones del agricultor, todo lo que se necesita podría ser una rotación o la adición de un cultivo asociado. En el caso de agricultores de pocos recursos que no pueden tomar muchos riesgos, la adopción de policultivos de alta diversidad probablemente sea la mejor opción.

Desde un punto de vista práctico, es más fácil diseñar estrategias de manejo de insectos en policultivos utilizando la hipótesis de los enemigos naturales que la de la concentración de recursos. Esto se debe a que aún no han identificado bien las situaciones ecológicas o los rasgos en el sistema de vida, que hacen a ciertas plagas más o menos sensitivas a como se organizan los cultivos en el campo (Kareiva, 1986). Los monocultivos son ambientes difíciles para inducir una operación eficiente de enemigos naturales debido a que éstos carecen de recursos adecuados para el desempeño óptimo de depredadores y parásitos, y porque en general se usan prácticas que afectan negativamente al control biológico. Los policultivos sin embargo poseen condiciones intrínsecas (ej. diversidad de alimentos y refugios, y generalmente no son asperjados con plaguicidas) que favorecen a los enemigos naturales. En estos sistemas la elección de una planta alta o baja, una en floración, una de maduración prematura o una leguminosa puede magnificar o disminuir los efectos de la mezcla de cultivos sobre las plagas (Vandermeer, 1989). De esta forma, reemplazando o adicionando una diversidad correcta de plantas, es posible ejercer cambios en la diversidad del hábitat que a su vez mejore la abundancia y efectividad de enemigos naturales.

Estructura del paisaje agrícola y biodiversidad de insectos

Una tendencia desafortunada que acompaña a la expansión de los monocultivos, es que ésta ocurre a expensas de la vegetación natural circundante que sirve para mantener la biodiversidad a nivel del paisaje. Una consecuencia de esta tendencia es que la cantidad total de hábitat disponible para insectos benéficos está descendiendo a tasas alarmantes. El impacto hipotético de la fragmentación del paisaje sobre la sobrevivencia de enemigos naturales es crucial; en la medida que se homogeniza el paisaje y aumenta la disturbancia el ambiente, este se torna cada vez más desfavorable para los enemigos naturales. Las implicaciones de la pérdida de hábitat para el control biológico de plagas pueden ser serias dada evidencias que demuestra un incremento de plagas en los paisajes agrícolas homogéneos (Altieri y Letourneau, 1982). Datos recientes demuestran que hay un incremento de enemigos naturales y control biológico más efectivo en áreas donde permanece la vegetación natural en los bordes de los campos (Barbosa, 1998). Estos hábitat son importantes como sitios de refugio y proveen recursos alimenticios para enemigos naturales en épocas de escasez de plagas en el campo (Landis et al., 2000).

Las cortinas rompeviento, bordes, linderos y otras estructuras del paisaje han recibido mucha atención en Europa en relación a sus efectos sobre la distribución y abundancia de artrópodos en campos adyacentes (Fry, 1995). Hay una amplia aceptación sobre la importancia de la vegetación en los márgenes de los campos, como reservorios de enemigos naturales de plagas (van Emden, 1965). Muchos estudios han demostrado movimientos de artrópodos benéficos desde los márgenes hacia el cultivo, y se ha observado un mayor control biológico en las hileras de cultivos cerca de los márgenes que en el centro de los campos (Pickett y Bugg, 1998; Thies y Tschamtkke, 1999).

En muchos casos, las malezas y otro tipo de vegetación alrededor de los campos albergan presas/hospederos para los enemigos naturales, proporcionando así recursos estacionales y cubriendo las brechas en los ciclos de vida de los insectos entomófagos y de las plagas (Altieri y Whitcomb, 1979). Un ejemplo clásico es el de la avispa parasitoide de huevos *Anagrus epos*, cuya eficacia en regular las poblaciones del cicadélido

de la vid, *Erythroneura elegantula*, se incrementa de manera importante en viñedos rodeados por mora silvestre (*Rubus* sp.). Esta planta alberga poblaciones de un cicadelido neutral (*Dikrella cruentata*), que en el invierno se reproduce en sus hojas y que sirve de alimento alternativo al parasitoide *Anagrus* (Doutt y Nakata, 1973). Estudios recientes muestran que los huertos de ciruelo adyacentes a viñedos proveen de refugio invernal a *Anagrus* y por lo tanto, estos viñedos cercanos se benefician por el parasitismo temprano que ejerce la avispa que encuentra alimento y refugio en los ciruelos circundantes.

Diversas investigaciones en el norte de California han demostrado que existe un movimiento considerable de insectos entomófagos desde los bosques riparios hacia los huertos de manzanos adyacentes, siendo los huertos orgánicos los que muestran mayor colonización que los huertos asperjados con insecticidas (Altieri y Schmidt, 1986). Varias especies de depredadores y parásitos colectados en los márgenes del bosque fueron capturados en la interface huerto-bosque y más tarde colectados dentro de los bosques, sugiriendo que la organización de la fauna benéfica de los huertos está condicionada por el tipo de vegetación natural circundante.

En zonas templadas los investigadores han intentado incrementar los depredadores utilizando "banco" de coleópteros, franjas en floración y bordes vegetacionales. En Inglaterra, cuando se utilizan estas estrategias de diversificación vegetal (especialmente franjas de pastos) y se elimina el uso de plaguicidas en cereales, los depredadores carabidos colonizan los campos y proliferan, controlando las poblaciones de áfidos que tienden a ser más numerosos en los centros de los campos (Wratten, 1988). El costo de establecer un "banco" de coleópteros de 400 metros en 20 has es de aproximadamente \$200 dólares, incluyendo aradura, semilla de pasto y pérdida de área para el cultivo principal. Una sola aplicación de insecticidas contra áfidos cuesta \$750 dólares, más el costo de la pérdida de rendimientos por el ataque de pulgones.

A pesar de estas observaciones, existen pocos esfuerzos en el mundo para diversificar agroecosistemas modernos a nivel del paisaje con márgenes naturales, compuestos por especies en floración que actúan como

plantas insectarias. Experiencias de este tipo llenarían una brecha en la información de cómo los cambios en el diseño físico y a nivel de biodiversidad en agroecosistemas afectaría la distribución y abundancia de una comunidad compleja de insectos plaga y enemigos naturales asociados.

Determinar que la dispersión de insectos funciona como respuesta a la diversidad vegetacional a nivel de paisaje y si acaso las franjas o bordes de vegetación sirven como corredores para el movimiento de enemigos naturales en campos adyacentes, tendrá implicancias mayores en el diseño de estrategias MIP (Manejo Integrado de Plagas) a nivel de paisaje. Se espera que estos corredores puedan servir como canales para la dispersión de depredadores y parásitos en agroecosistemas. Dada la alta relación perímetro-área de los corredores, la interacción con campos adyacentes es substancial, proveyendo protección a los cultivos dentro de un área de influencia, determinada por la distancia que se mueven los depredadores desde los corredores hacia cierto rango del campo. Al documentar estos efectos será posible entonces determinar el largo, ancho, distancia y frecuencia a la que los corredores deberán colocarse en los campos para mantener un nivel óptimo de entomofauna benéfica, evitando así la necesidad del uso de plaguicidas. Un sistema de corredores y márgenes en agroecosistemas puede también tener efectos importantes a nivel ecológico tales como interrupción de la dispersión de propagulos de patógenos y semillas de malezas, barreras al movimiento de insectos dispersados por el viento, decremento del acarreo de sedimentos y pérdida de nutrientes, producción de biomasa incorporable al suelo, y modificación de la velocidad del viento y microclima local. Lo más importante es que el diseño de corredores puede convertirse en una estrategia importante para la re-introducción de biodiversidad en monocultivos de gran escala, facilitando así la re-estructuración de agroecosistemas para su conversión a un manejo agroecológico.

Estudio de caso: Biodiversificación de viñedos en el norte de California

En el norte de California, muchos viñedos están insertados en una matriz de bosques riparios,

transformándose en modelos para el estudio de colonización de artrópodos y el intercambio de estos entre campos agrícolas y áreas no cultivadas. Un estudio fue llevado a cabo en dos bloques adyacentes de un viñedo Chardonnay, localizado en Hopland, 200 km al norte de San Francisco, California, en una región típica de producción de vino. El estudio tomó ventaja de la existencia de un corredor vegetal de 300 m de largo y 5 m de ancho compuesto de por lo menos de 65 diferentes especies de plantas en floración. Este corredor, conectado al bosque ripario, atraviesa el viñedo, permitiendo así evaluar si tal faja de vegetación puede incrementar el control biológico de insectos plaga en el viñedo. El principal interés era evaluar si el corredor actuaba como un hábitat que provee recursos alimenticios alternativos consistentes, abundantes y bien distribuidos para una comunidad diversa de predadores generalistas y parasitoides, permitiendo a las poblaciones de estos enemigos naturales desarrollarse en el área de influencia del corredor antes que las poblaciones de plagas en el viñedo. También se pensó que el corredor podría servir como una carretera biológica para la dispersión de predadores y parasitoides desde el bosque y hacia dentro del viñedo, y de este modo proporcionar protección contra los insectos plaga sobre el área de influencia del corredor (Nicholls et al., 2001).

Como el cultivo fue también diversificado con cultivos de cobertura, se evaluó otra hipótesis: la presencia de insectos neutrales, polen y néctar en los cultivos de cobertura proveen un suministro de recursos alimenticios abundante para los enemigos naturales. Así los predadores y parasitoides rompen su dependencia estricta de herbívoros de la uva, lo que permite a los enemigos naturales elevar sus densidades y mantener las poblaciones de plaga a niveles aceptables (Nicholls et al., 2000).

Los dos bloques de viñedos evaluados (Bloques A y B de 2.5 ha c/u) estaban rodeados en la zona norte por bosque ripario, pero el bloque A estaba penetrado y atravesado por el corredor. Ambos bloques estaban bajo un manejo orgánico durante los 2 años del estudio.

Metodología

Para monitorear la diversidad y abundancia de entomofauna se colocaron trampas pegajosas amarillas y de color azul en diferentes puntos del viñedo, a diferentes distancias desde el corredor (en el bloque A) o la zona de borde sin corredor (Bloque B) (hileras 1, 5, 15, 25, 45) de abril a septiembre en 1996 y 1997. Las trampas amarillas fueron usadas para monitorear el cicadélido de la uva *E. elegantula*, el parasitoide de huevos del cicadélido de la uva, *Anagrus epos*, y varias especies de predadores. Las trampas azules fueron principalmente usadas para determinar las poblaciones de trips y el predador *Orius*. En las mismas hileras donde se colocaron las trampas pegajosas, se examinaron hojas de la viña directamente en el campo y se contó el número de ninfas de *E. elegantula*.

La mitad de cada bloque se mantuvo limpia de vegetación durante la primavera y finales del verano (monocultivo). En abril, las otras dos mitades de cada bloque fueron sembradas hilera por medio con una mezcla de girasol (*Helianthus annuus*) y trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) (viñedo con cultivo de cobertura). El trigo sarraceno florecía desde mayo a julio y el girasol desde julio hasta el final de la estación. De abril a septiembre de 1996 y 1997, la abundancia y diversidad de los adultos del cicadélido de la uva, adultos y ninfas de trips, adultos de *Anagrus*, *Orius* sp. y otros predadores fueron monitoreados en los bloques de viñedo con cultivos de cobertura y los viñedos en monocultivo, mediante trampas pegajosas amarillas y azules colocadas en 10 hileras seleccionadas al azar en cada bloque. También se determinó el número de ninfas de *E. elegantula* y el parasitismo de huevos. Los huevos eclosionados fueron examinados para determinar la presencia o no de cicatrices de emergencia del huevo que indicaban la emergencia de *A. epos*.

Con el propósito de determinar si el corte del cultivo de cobertura forzaba el movimiento de los enemigos naturales desde el cultivo de cobertura a las viñas, se seleccionaron tres hileras diferentes en el bloque B las cuales fueron sujetas a un corte 3 veces cada año. En

ambos años, trampas pegajosas amarillas y azules fueron colocadas en hileras al azar en sistemas con cultivo de cobertura cada vez que estas fueron cortadas, y en sistemas que no fueron sometidas al corte.

Influencia del corredor en las poblaciones del cicadélido de la uva y los trips

En el bloque A, los adultos del cicadélido de la uva exhibieron, en los dos años, un gradiente de densidad claro, alcanzando los más bajos niveles poblacionales en las hileras de viñas cerca al corredor y al bosque ripario e incrementando sus niveles hacia el centro del campo en hileras progresivamente alejadas de la vegetación adyacente (Figura 4). En el bloque B, la ausencia del corredor resultó en una dispersión uniforme del cicadélido de la uva. Las poblaciones de ninfas se comportaron de forma similar, alcanzando sus niveles más altos en las hileras del centro en el bloque A en ambos años. Aparentemente, el área de influencia del corredor se extendió 15-20 hileras (25-30 metros), mientras que el área de influencia del bosque ripario sobre la población de ninfas del cicadélido de la uva alcanzó 10-15 hileras (20-25 metros). En el bloque B que carecía de corredor, las ninfas presentaron una distribución homogénea a lo largo de todo el bloque. Un gradiente poblacional parecido se observó en la distribución de trips. En ambos años las capturas en el bloque A fueron substancialmente más altas en las hileras centrales que en las hileras adyacentes al bosque; las capturas fueron particularmente menores en las hileras cerca del corredor. En el bloque B, no se presentaron diferencias en las capturas entre las hileras centrales y las hileras cercanas al borde sin vegetación adyacente, sin embargo las capturas cerca del bosque ripario fueron menores, especialmente durante 1997.

Efectos del corredor sobre los enemigos naturales

La abundancia y distribución espacial de los predadores generalistas de las familias Coccinellidae, Chrysopidae, Nabidae, y Syrphidae en el bloque A estuvo influenciada por la presencia del bosque ripario y del corredor, el cual canalizó la dispersión de insectos benéficos dentro del viñedo (Figura 5). Los predadores estuvieron más

homogéneamente distribuidos en el bloque B donde no se presentaron diferencias en las capturas espaciales de los predadores entre el borde de suelo desnudo y las hileras del centro. Sin embargo, se pudo observar que su abundancia tendía a ser mayor en las hileras cerca al bosque ripario.

La distribución de *Orius* sp. estuvo afectada por el corredor y el bosque ripario. Así, mientras en el bloque A, las poblaciones más altas de *Orius* se presentaron en las viñas cercanas a los bordes (hasta 20 metros), en el bloque B no se presentó un gradiente poblacional aparente (Tabla 1).

El parasitoide *Anagrus* colonizó los viñedos desde el corredor y el bosque ripario hacia el área de muestreo, presentando las densidades más altas desde finales de julio a finales de agosto en los dos años de estudio en las hileras del centro, donde las poblaciones del cicadélido de la uva eran más abundantes (Figura 6). El incremento en las capturas de *A. epos* especialmente desde finales de junio en adelante, indica que el parasitoide empezó a colonizar el viñedo a principios de junio, semanas después que los adultos de *E. elegantula* colonizaron los viñedos. La aparición de *A. epos* coincidió con el inicio del período de oviposición de los adultos del cicadélido de la uva.

Se observaron altos niveles de parasitismo a través de las generaciones del cicadélido de la uva en los dos bloques en los 2 años (Tabla 2). Los huevos presentes en las hileras del centro alcanzaron una tasa de parasitismo ligeramente más alta que los huevos localizados en las hileras cercanas al bosque o el corredor. La proporción de huevos parasitados tendió a ser uniformemente distribuida entre las hileras de ambos bloques. Se asume que la presencia del bosque ripario está asociada con la colonización de *A. epos*, pero esto no resultó en una prevalencia en el parasitismo de huevos de *E. elegantula* a lo largo de la estación en hileras adyacentes a tales hábitats.

Efecto de los cultivos de cobertura de verano sobre cicadélidos

En ambos años, las densidades del cicadélido de la uva fueron menores en las viñas con cultivo de cobertura de verano que en las viñas en monocultivo (Figura 7). Comparando los viñedos con cultivos de cobertura con

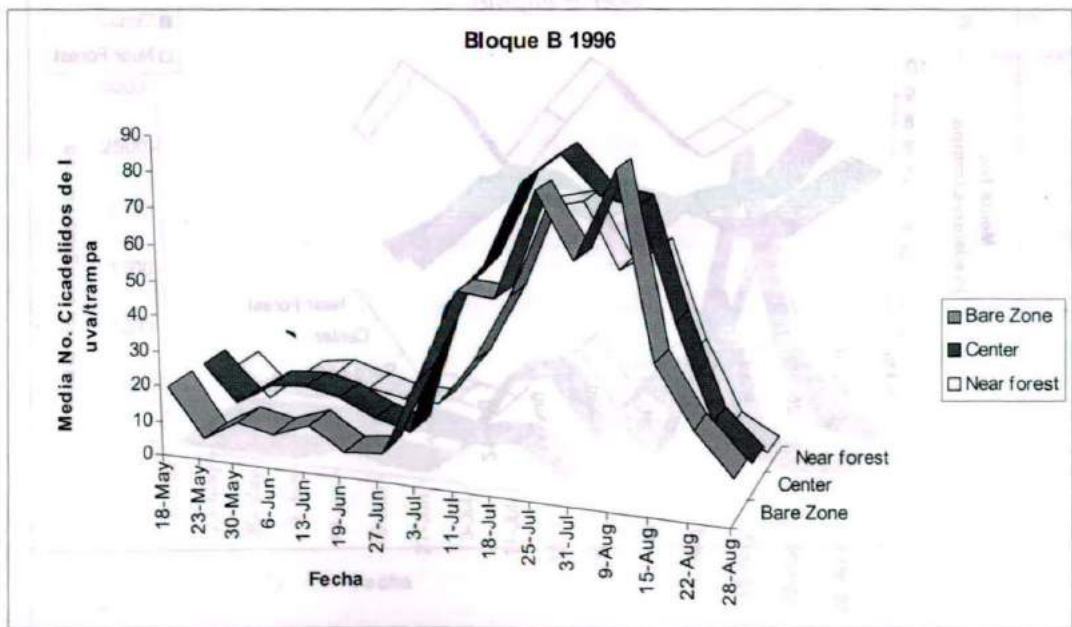
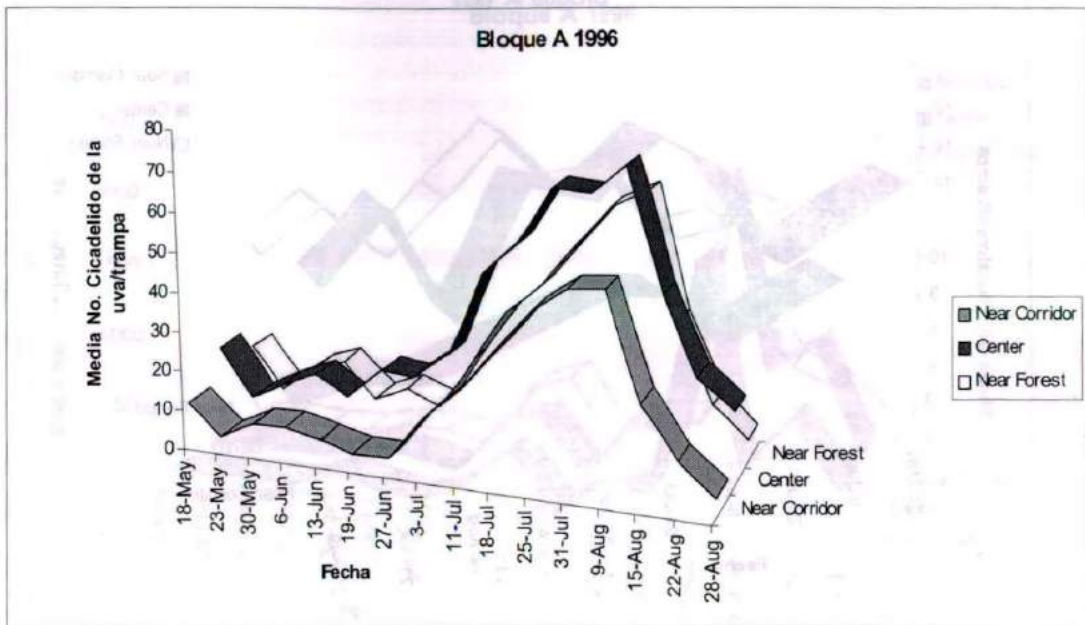


Figura 4. Densidades poblacionales (promedios/trampa) de adultos del cicadelido de la uva, *E. elegantula* en ambos bloques del vinedo, influenciado por la presencia del bosque ripario y el corredor (Bloque A) y la zona libre de vegetación (Bloque B) (Hopland, California, 1996).

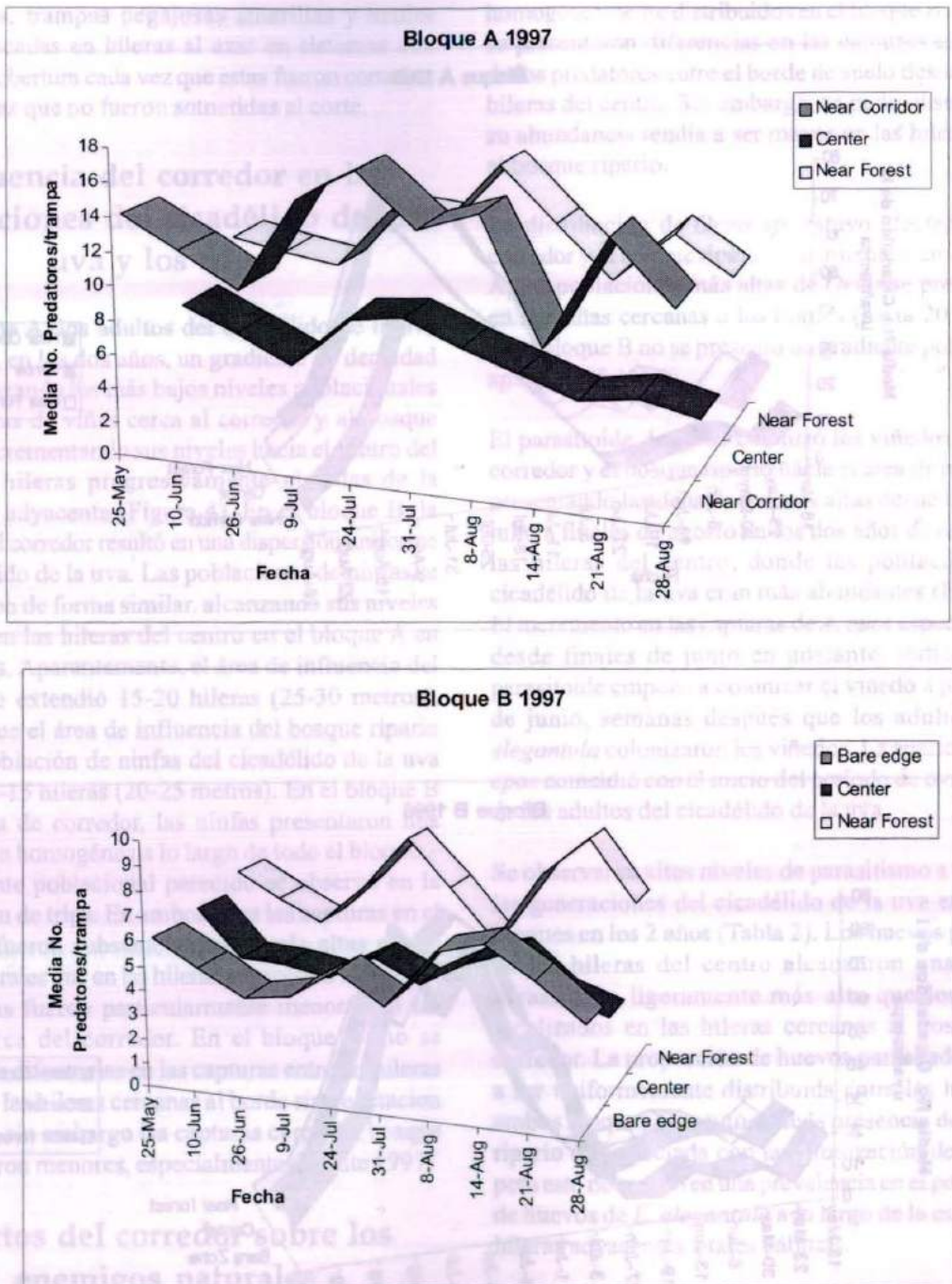


Figura 5. Densidad poblacional de predadores (promedio/trampa) en los bloques del viñedo, influenciado por la presencia del bosque ripario y el corredor (Bloque A) y la zona libre de vegetación (Bloque B) (Hopland, California, 1997).

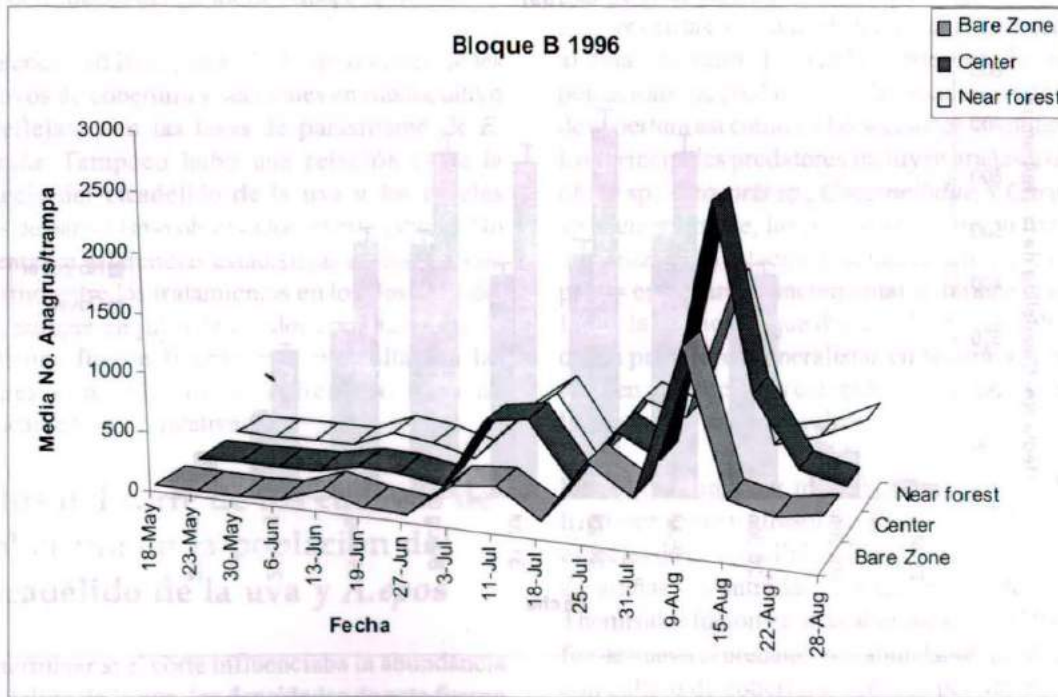
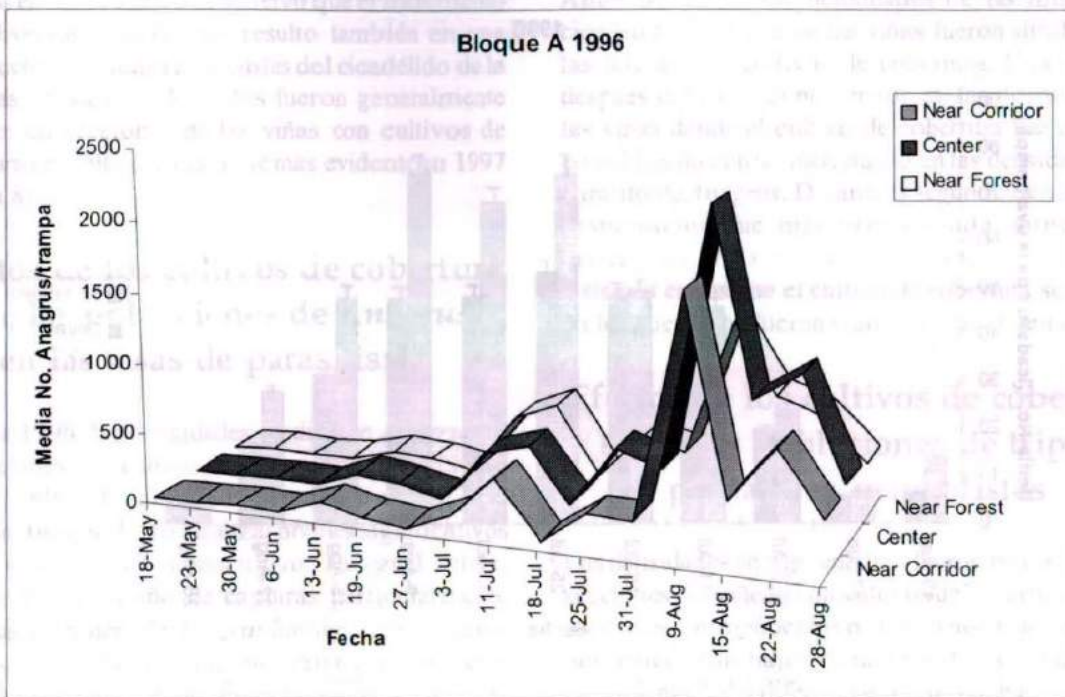


Figura 6. Densidad poblacional de *Anagrus* (promedio de adulto/trampa) en los bloques influenciado por la presencia del bosque ripario y el corredor (Bloque A) y la zona libre de vegetacion (Bloque B) (Hopland, California, 1996).

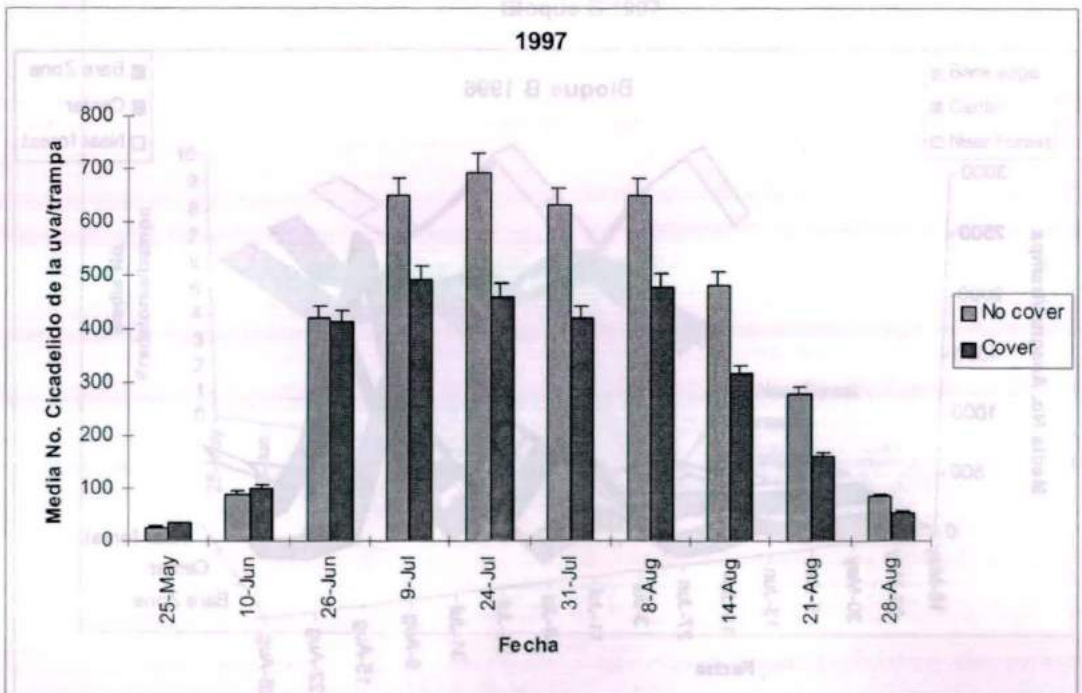
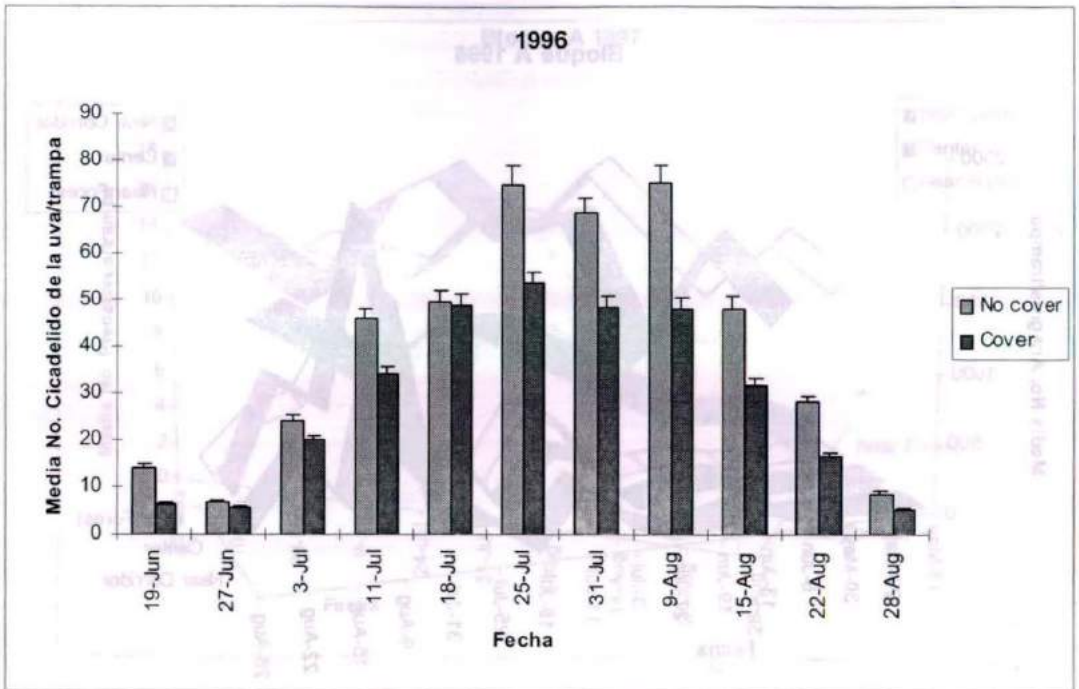


Figura 7. Densidades de adultos del cicadelido de la uva *E. elegantula* en sistemas con cultivos de cobertura y en sistemas en monocultivo en el viñedo (Hopland, California, 1996, 1997)

aquellos en monocultivo se observó que el incremento en la diversidad de plantas resultó también en una disminución del número de ninfas del cicadélido de la uva. Las densidades de ninfas fueron generalmente menores en secciones de las viñas con cultivos de cobertura en 1996, pero esto fue más evidente en 1997 (Figura 8).

Efectos de los cultivos de cobertura sobre las poblaciones de *Anagrus* y en las tasas de parasitismo

Durante 1996, las densidades medias de *Anagrus* en las secciones con cultivo de cobertura y en secciones en monocultivo fueron similares, aunque al final de la estación *Anagrus* logró alcanzar niveles significativos en las secciones en monocultivo. De igual forma, durante 1997, un año de capturas particularmente elevadas, el número de *Anagrus* fue significativamente mayor en las secciones de monocultivo especialmente a finales de julio. Claramente, *A. epos* fue más abundante en el viñedo en monocultivo asociado con las altas densidades del cicadélido hospedero.

Las diferencias en las capturas de *Anagrus* en secciones con cultivos de cobertura y secciones en monocultivo no se reflejaron en las tasas de parasitismo de *E. elegantula*. Tampoco hubo una relación entre la abundancia del cicadélido de la uva y los niveles medidos de parasitismo observados en este estudio. No se presentaron diferencias estadísticas en las tasas de parasitismo entre los tratamientos en los dos años del estudio, aunque en julio de los dos años las tasas de parasitismos fueron ligeramente más altas en las secciones con cultivos de cobertura, pero no estadísticamente significativas.

Efectos del corte de los cultivos de cobertura en la población del cicadélido de la uva y *A.epos*

Para determinar si el corte influenciaba la abundancia del cicadélido de la uva, las densidades de este fueron determinadas en viñas seleccionadas antes y después del corte, comparando los niveles poblacionales en los sistemas con cultivos de cobertura y en los que éstos fueron cortados.

Antes del corte, las densidades de las ninfas del cicadélido de la uva en las viñas fueron similares en las hileras con cultivos de cobertura. Una semana después del corte, el número de ninfas disminuyó en las viñas donde el cultivo de cobertura fue cortado, coincidiendo con un incremento en las densidades del parasitoide *Anagrus*. Durante la segunda semana, esta disminución fue más pronunciada, aunque las diferencias en la población de *Anagrus* entre los sistemas en los que el cultivo de cobertura se cortó y en los que no, no fueron significativas (Figura 9).

Efectos de los cultivos de cobertura sobre las poblaciones de trips y predadores generalistas

Las densidades de trips en 1996 fueron menores en las secciones del viñedo con cultivos de cobertura que en secciones en monocultivo. Las densidades de trips permanecieron bajas durante toda la estación de crecimiento. Tales diferencias fueron también aparentes en 1997, un año con alta presión poblacional de trips. Las poblaciones en 1997 fueron significativamente mayores en las secciones de monocultivo especialmente al final de julio. La Tabla 3 presenta la densidad poblacional de predadores en las secciones con cultivos de cobertura así como en las secciones en monocultivo. Los principales predadores incluyen arañas, *Nabis* sp., *Orius* sp., *Geocoris* sp., *Coccinellidae*, y *Chrysoperla* sp. Generalmente, las poblaciones fueron menores al comienzo de la estación y se incrementaron cuando las presas empezaron a incrementarse durante la estación. La tabla 3 muestra que durante 1996, las poblaciones de los predadores generalistas en las viñas fueron más altas en las secciones con cultivos de cobertura que en las secciones en monocultivo.

En 1996 el predador más abundante en las flores de trigo sarraceno y girasol fue *Orius*, seguido por varias especies de *Coccinellidae*. Entre las diferentes especies de arañas encontradas, los miembros de la familia Thomisidae fueron los más abundantes. En 1997, *Orius* fue de nuevo el predador más abundante en las secciones con cultivo de cobertura, seguido por varias especies de arañas Thomisidae y algunas especies de *Coccinellidae*, *Nabidae*, y *Geocoris* sp. Muchos de estos predadores probablemente respondieron al complejo de insectos neutrales y al polen y néctar presente en el

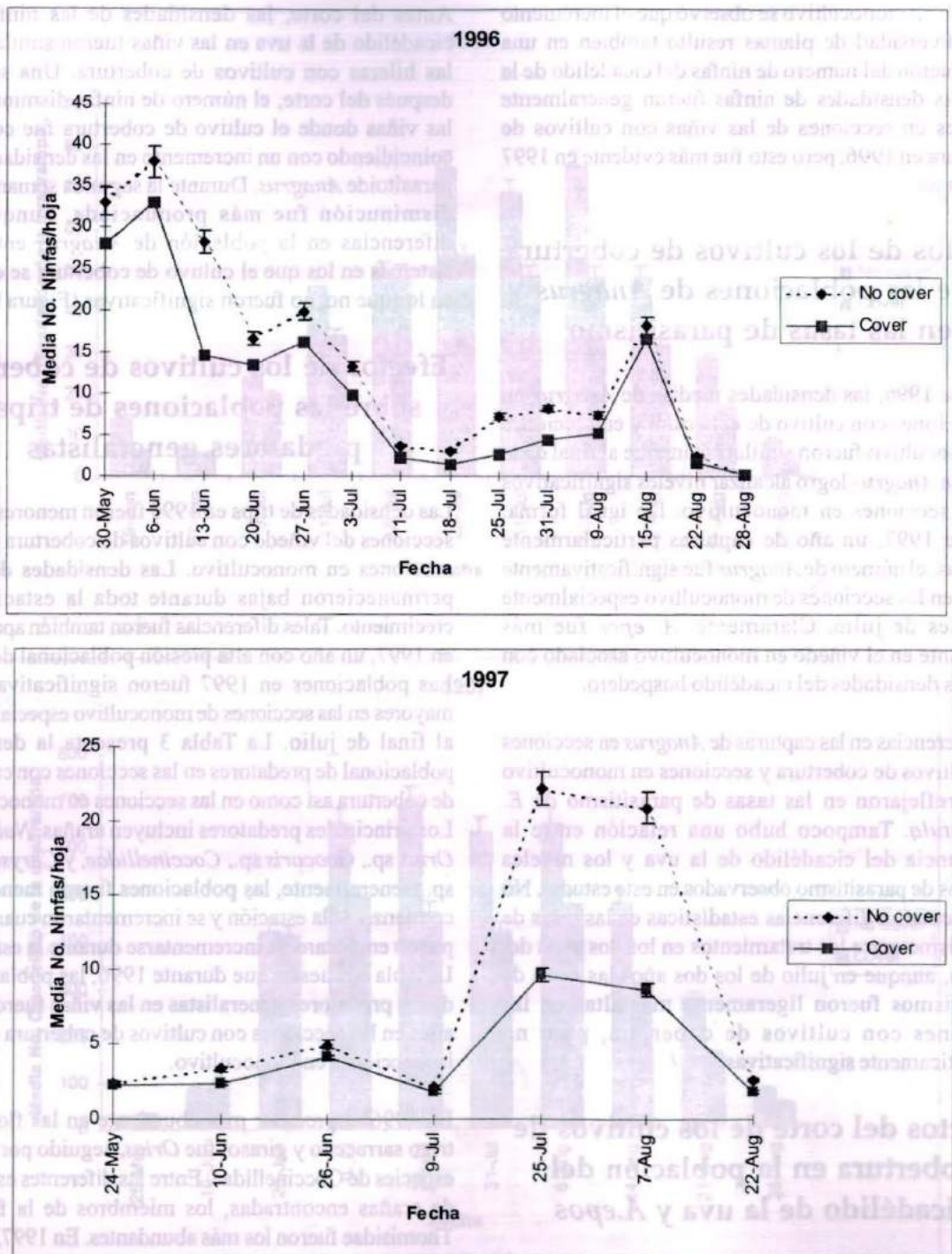


Figura 8. Densidades de ninfas de *E. elegantula* en sistemas con cultivos de cobertura y en sistemas en monocultivo en el vinedo durante dos estaciones de crecimiento (Hopland, California, 1996, 1997).

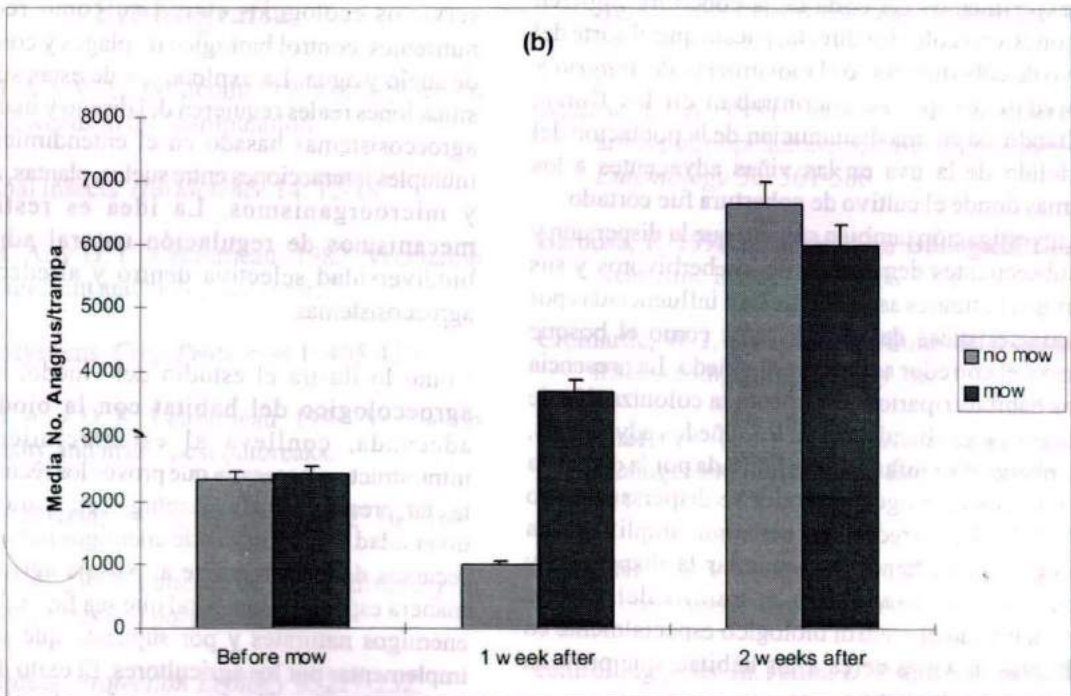
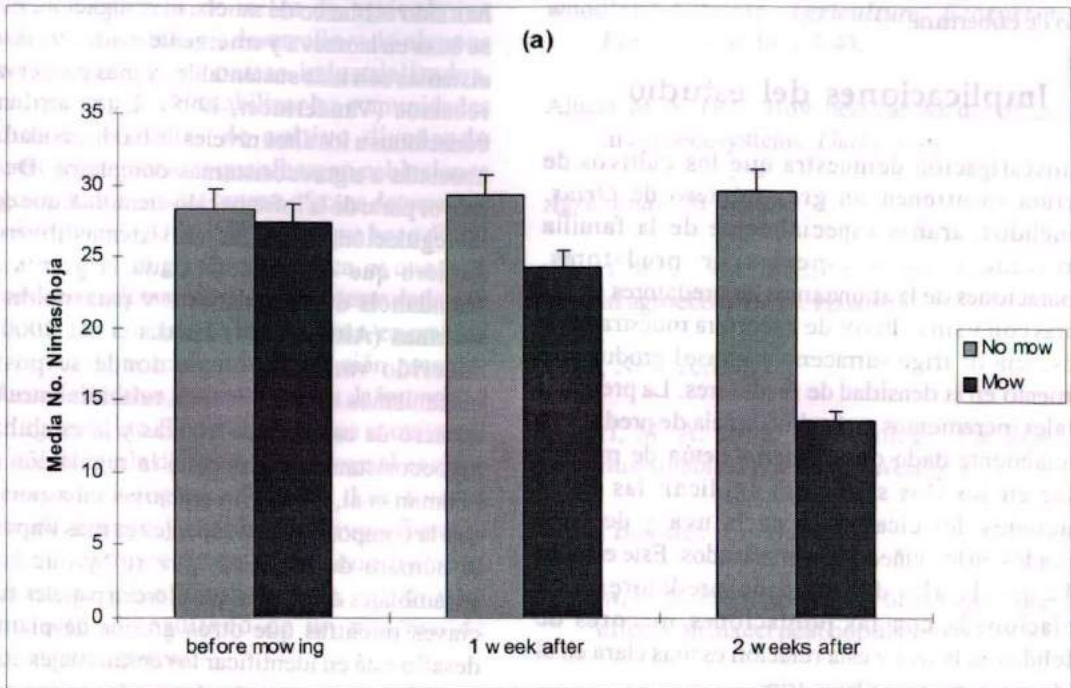


Figura 9. Efectos del corte del cultivo de cobertura en el viñedo en (a) las ninfas del cicadelido de la uva y (b) *Anagrus epos* (Hopland, California, 1997).

cultivo de cobertura.

Implicaciones del estudio

Esta investigación demuestra que los cultivos de cobertura mantienen un gran número de *Orius*, coccinélidos, arañas especialmente de la familia Thomisidae y otras especies de predadores. Comparaciones de la abundancia de predadores en los sistemas con y sin cultivos de cobertura muestran que la presencia de trigo sarraceno y girasol produce un incremento en la densidad de predadores. La pregunta es si tales incrementos en la abundancia de predadores (especialmente dado que *Anagrus* actúa de manera similar en los dos sistemas) explican las bajas poblaciones del cicadélido de la uva y de trips observados en los viñedos diversificados. Este estudio revela que la alta densidad de predadores está correlacionada con las poblaciones menores de cicadélidos de la uva y esta relación es más clara en el caso de la interacción *Orius*-trips.

Los experimentos del corte de la cobertura sugieren una conexión ecológica directa, puesto que el corte del cultivo de cobertura forzó el movimiento de *Anagrus* y de predadores que se encontraban en las flores, resultando así en una disminución de la población del cicadélido de la uva en las viñas adyacentes a los sistemas donde el cultivo de cobertura fue cortado.

Esta investigación también sugiere que la dispersión y las subsecuentes densidades de los herbívoros y sus enemigos naturales asociados, están influenciadas por las características del paisaje tales como el bosque ripario y el corredor adyacente al viñedo. La presencia de los hábitats riparios incrementa la colonización de predadores y su abundancia en los viñedos adyacentes, sin embargo esta influencia es limitada por la distancia a la cual los enemigos naturales se dispersan dentro del viñedo. El corredor, sin embargo, amplifica esta influencia permitiendo incrementar la dispersión y circulación de predadores al centro del campo incrementando el control biológico especialmente en las hileras de vinas cerca a los hábitats que proveen este alimento alternativo.

Conclusiones

Los sistemas de cultivos diversificados tales como los basados en policultivos y en la agroforestería, por ejemplo, los huertos frutales con cultivos de cobertura,

han sido el blanco de mucha investigación. Este interés se basa en la nueva y emergente evidencia de que estos sistemas son más sustentables y más conservadores de recursos (Vandermeer, 1995). Estos atributos están conectados a los altos niveles de biodiversidad funcional asociada a agroecosistemas complejos. De hecho la mayor parte de la información científica, que documenta la regulación de plagas en sistemas diversificados, sugiere que esto sucede dada la gran variedad y abundancia de depredadores y parasitoides en estos sistemas (Altieri, 1994; Landis et al., 2000). Se han sugerido varias hipótesis donde se postulan los mecanismos que explican la relación entre un mayor número de especies de plantas y la estabilización de agroecosistemas incluyendo la regulación de plagas (Tilman et al, 1996). Sin embargo, un aspecto claro es que la composición de especies es más importante que el número de especies "per se" y que hay ciertos ensamblajes de plantas que ejercen papeles funcionales claves mientras que otros grupos de plantas no. El desafío está en identificar los ensamblajes correctos de especies que, a través de sus sinergias, proveerán servicios ecológicos claves tal como reciclaje de nutrientes, control biológico de plagas y conservación de suelo y agua. La explotación de estas sinergias en situaciones reales requieren del diseño y manejo de los agroecosistemas basado en el entendimiento de las múltiples interacciones entre suelos, plantas, artrópodos y microorganismos. La idea es restaurar los mecanismos de regulación natural adicionando biodiversidad selectiva dentro y alrededor de los agroecosistemas.

Como lo ilustra el estudio del viñedo, un manejo agroecológico del hábitat con la biodiversidad adecuada, conlleva al establecimiento de la infraestructura necesaria que provee los recursos (polen, nectar, presas alternativas, refugio, etc) para una óptima diversidad y abundancia de enemigos naturales. Estos recursos deben integrarse al paisaje agrícola de una manera espacial y temporal que sea favorable para los enemigos naturales y por supuesto que sea fácil de implementar por los agricultores. El éxito depende de: a) la selección de las especies de plantas más apropiadas, b) la entomofauna asociada a la biodiversidad vegetal, c) la manera como los enemigos naturales responden a la diversificación y d) la escala espacial a la cual operan los efectos reguladores de la manipulación del hábitat.

La experiencia práctica de miles de agricultores tradicionales en el mundo en desarrollo y de algunos agricultores orgánicos en países industrializados, demuestran que es posible estabilizar las comunidades de insectos en sistemas de cultivo diseñando arquitecturas vegetacionales que albergan poblaciones de enemigos naturales, o que tengan efectos deterrentes directos sobre plagas (Altieri, 1991). Lo que hace difícil de masificar esta estrategia agroecológica, es que cada situación se debe analizar independientemente dado que en cada zona los complejos herbívoros-enemigos naturales varían de acuerdo a la vegetación presente dentro y fuera del cultivo, la entomofauna, la intensidad del manejo agrícola, etc. Sin embargo lo que es universal es el principio de que la diversificación vegetal es clave para el control biológico eficiente. Las formas específicas de manejo y diseños de diversificación dependerán entonces de las condiciones socioeconómicas y biofísicas de cada región y su definición será el resultado de un proceso de investigación participativa.

Bibliografía

- Altieri, M. A. y W. H. Whitcomb. 1979. The potential use of weeds in the manipulation of beneficial insects. *HortScience* 14: 12-18.
- Altieri, M. A. y D. L. Letourneau. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1: 405-430.
- Altieri, M. A. y D. K. Letourneau. 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences* 2: 131-169.
- Altieri, M. A. 1984. Patterns of insect diversity in monocultures and polycultures of brussel sprouts. *Protection Ecology* 6: 227-232.
- Altieri, M. A. y L. L. Schmidt. 1986. The dynamics of colonizing arthropod communities at the interface of abandoned organic and commercial apple orchards and adjacent woodland habitats. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 16: 29-43.
- Altieri, M. A. 1991. How best can we use biodiversity in agroecosystems. *Outlook on Agriculture* 20: 15-23.
- Altieri, M. A. 1994. Biodiversity and pest management in agroecosystems. Haworth Press, New York.
- Altieri, M. A. 1995. *Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press, Boulder.
- Andow, D. A. 1983. The extent of monoculture and its effects on insect pest populations with particular reference to wheat and cotton. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 9: 25-35.
- Andow, D. A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36: 561-586.
- Barbosa, P. 1998. *Conservation Biological Control*. Academic Press, New York. 396p.
- Cromartie, W. J. 1981. The environmental control of insects using crop diversity. In: Pimentel, D. (ed.). *CRC Handbook of Pest Management*. CRC Press, Boca Raton, pp. 223-251.
- Dempster, J. P. y Coaker, T. H. 1974. Diversification of crop ecosystems as a means of controlling pests. In: Jones, D. P. and Solomon, M. E. (eds.). *Biology in Pest and Disease Control*. John Wiley, New York, pp. 106-114.
- Doutt, R. L. And Nakata, J. 1973. The *Rubus* leafhopper and its egg parasitoid: an

- endemic biotic system useful in grape pest management. *Environmental Entomology* 2: 381-386.
- Flint, M. L. y Roberts, P. A. 1988. Using crop diversity to manage pest problems: some California examples. *American Journal of Alternative Agriculture* 3: 164-167.
- Francis, C. A. 1986. Multiple cropping systems. MacMillan, N.Y.
- Fry, G. 1995. Landscape ecology of insect movement in arable ecosystems. In: Ecology and integrated farming systems. D. M. Glen et al. (eds.). John Wiley and Sons, Bristol, UK.
- Gliesman, S.R. 1998. Agroecology: ecological process in sustainable agriculture. Ann Atber Press, Chelsea, MI.
- Kareiva, P. 1986. Trivial movement and foraging by crop colonizers. In: Kogan, M. (ed.). *Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice*. J. Wiley & Sons, New York, pp. 59-82.
- Landis, D.A., S.D. Wratten and G.A. Gurr. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45: 175-201.
- Nicholls, C.I.; Parrella, M.P and Altieri, M.A. 2000. Reducing the abundance of leafhoppers and thrips in a northern California organic vineyard through maintenance of full season floral diversity with summer cover crops. *Agricultural and forest entomology* 2: 107-113.
- Nicholls, C.I; M.P. Parrella and M.A. Altieri. 2001. Effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern Californian organic vineyard. *Landscape Ecology* 16:133-146
- Rabb, R. L., Stinner, R. E. and van den Bosch, R. 1976. Conservation and augmentation of natural enemies. In: Huffaker, C. B. And Messenger, P. S. (eds.). *Theory and Practice of Biological Control*. Academic Press, New York, pp. 233-253.
- Pickett C.H. and R. Bugg. 1998. Enhancing Biological Control: habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. University of California Press. Berkeley. 422p.
- Risch, S. J., Andow, D. and Altieri, M. A. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. *Environmental Entomology* 12: 625-629.
- Root, R. B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassicae oleraceae*). *Ecological Monographs* 43: 95-124.
- Smith, H.A. and R. McSorely. 200. Intercropping and pest management: a review of major concepts. *American Entomologist* 46:154-161.
- Southwood, T. R. E. and Way, M. J. 1970. Ecological background to pest management. In: Rabb, R. L. And Guthrie, F. E. (eds.). *Concepts of Pest Management*. North Carolina State University, Raleigh, pp. 6-29.
- Swift, M. J. And J. M. Anderson. 1993. Biodiversity and ecosystem function in agroecosystems. In: *Biodiversity and Ecosystems Function*. E. Schultz and H. A. Mooney (eds.). Springer-Verlag, N.Y.
- Swift, M. S., J. Vandermeer, P. S. Ramakrishnan, J. M. Anderson, C.K. Ong and B. A. Hawkins. 1996. Biodiversity and agroecosystem function. In: H. A. Mooney et al. (eds.). *Functional roles of biodiversiy: a global perspective*. J. Wiley and Sons, N. Y., pp. 261-298.

Thies, C. and T. Tschardtke. 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science* 285: 893-895.

Thrupp, L.A. 1998. *Cultivating Diversity: Agrobiodiversity and Food Security*. World Resources Institute, Washington DC.

Tilman, D., D. Wedin and J. Knops. 1996. Productivity and sustainability influenced by

biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379: 718-720.

Van den Bosch, R. And Telford, A. D. 1964. Environmental modification and biological

control. In: DeBach, P. (ed.). *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. Chapman and Hall, London, pp. 459-488.

Vandermeer, J. 1989. *The ecology of intercropping*. Cambridge Univ. Press. Cambridge, UK.

Vandermeer, J. y I. Perfecto. 1995. Breakfast of biodiversity: the truth about rainforest

destruction. Food First Books, Oakland.

Vandermeer, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*

26:201-224.

Van Emden, H. F. 1965. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and

beneficial insects. *Scientific Horticulture* 17: 121-126.

Van Emden, H. F. 1990. Plant diversity and natural enemy efficiency in agroecosystems.

In: MacKauer, M., Ehler, L. and Roland, J. (eds.). *Critical Issues in Biological Control*. Intercept, Andover, pp. 63-80.

Wratten, S. D. 1988. The role of field margins as reservoirs of natural enemies. In: *Environmental management in agriculture*. J. R. (ed.). Belhaven Press, London.

Estatus del manejo de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en América Latina y El Caribe: ocho preguntas pertinentes

Luko Hilje

Unidad de Fitoprotección, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE
Turrialba, Costa Rica, lhilje@catie.ac.cr

Introducción

De las casi 1200 especies de moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) descritas hasta ahora (Bink-Moenen y Mound 1990), son pocas las que afectan la producción agrícola en el mundo. En América Latina y el Caribe algunas han causado problemas en situaciones muy particulares, específicas o transitorias, como sucede con *Aleurocanthus woglumi* en cítricos, *Aleurothrixus floccosus* (cítricos, guayaba y otros frutales), *Aleurotrachelus* sp. (yuca), *Bemisia tuberculata* (yuca), *Trialeurodes variabilis* (yuca y papaya) (Caballero 1996) y *Aleurodicus dispersus* (banano) (Blanco-Metzler y Laprade 2000). Sin duda, tanto en América como el resto del mundo, las más comunes e importantes en términos económicos son *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*. La segunda predomina en invernaderos de plantas ornamentales y hortalizas, así como en tierras altas, causando daños directos (extracción de savia y debilitamiento de las plantas) e indirectos (fumaginas). Por su parte, *B. tabaci*, además de provocar daños análogos, es vector de varios tipos de virus y causante de algunas alteraciones fitotóxicas (Brown y Bird 1992, Brown 1994, Perring 1996).

Aunque *B. tabaci* causó afecciones serias desde los años 60 en América Central, al alcanzar densidades poblacionales desmedidas en algodón, así como severas epidemias virales en frijol, después perdió notoriedad, ya que fue parcialmente controlada y el algodón -entonces su hospedante principal-, perdió importancia agroindustrial, e incluso dejó de sembrarse. No obstante, dicha plaga resurgió de manera seria en los años 80 y

90, en varios cultivos (Cuadro 1), como el frijol, tomate, chile dulce, melón, sandía, ayote y tabaco (Hilje 1996).

Este problema es común a otras partes del continente americano, como México, el Caribe y Suramérica donde, además, la lista de cultivos afectados se ha ido ampliando paulatinamente (Cuadro 1). Así, en la actualidad *B. tabaci* es un problema como plaga directa o como vector, desde el sur de los EE.UU. hasta Argentina y en todos los países del Caribe. Mundialmente, lo es además en varios países africanos, europeos, asiáticos y en Australia, al punto de que se puede asegurar que *B. tabaci* es hoy la principal plaga agrícola mundial. Las pérdidas económicas -no siempre bien estimadas- son de varios centenares de millones por año, mundialmente (Oliveira *et al.* 2001).

Esta crítica situación justifica la dedicación de esfuerzos extraordinarios en investigación básica y en métodos para su combate. Estos aportes aparecen en unos 5000 artículos científicos y 1500 resúmenes de avances (Steven E. Naranjo 2003, USDA, Arizona, com. pers.), la mayoría de los cuales se han compilado en libros o ediciones especiales de revistas (Cock 1986, Ohnesorge y Gerling 1986, Gerling 1990, Gerling y Mayer 1996, Naranjo y Ellsworth 2001). Pero, además, hoy el tema está presente en casi todo congreso de entomología o fitopatología, mundialmente, y se han creado varias redes colaborativas para intercambiar información o implementar planes de acción.

En esta ponencia se pretende ofrecer una visión actualizada sobre el estatus del manejo de *B. tabaci* en

Cuadro 1. Cultivos hospedantes de *B. tabaci* en América Latina y el Caribe hasta el año 2003.

Nombre científico	Familia	Nombres comunes
Cultivos claves		
<i>Capsicum annuum</i>	Solanaceae	Chile dulce, chiltoma, pimentón
<i>Capsicum frutescens</i>	Solanaceae	Chile picante, ají
<i>Citrullus lanatus</i>	Cucurbitaceae	Sandía, patilla
<i>Cucumis melo</i>	Cucurbitaceae	Melón
<i>Glycine max</i>	Leguminosae	Soya
<i>Gossypium hirsutum</i>	Malvaceae	Algodón
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Solanaceae	Tomate
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Leguminosae	Frijol, habichuela, caraota
Cultivos secundarios		
<i>Arachis hypogaea</i>	Leguminosae	Maní, cacahuete, amendoim
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	Cruciferae	Repollo, col
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	Cruciferae	Brócoli
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	Cruciferae	Coliflor
<i>Cucumis sativus</i>	Cucurbitaceae	Pepino
<i>Cucurbita maxima</i>	Cucurbitaceae	Zapallo, moranga
<i>Cucurbita mixta</i>	Cucurbitaceae	Pipián, tamalayote
<i>Cucurbita moschata</i>	Cucurbitaceae	Ayote, calabaza, auyama
<i>Cucurbita pepo</i>	Cucurbitaceae	Calabacín
<i>Helianthus annuus</i>	Compositae	Girasol
<i>Hibiscus esculentus</i>	Malvaceae	Okra, molondrón
<i>Ipomoea batatas</i>	Convolvulaceae	Camote, batata, boniato
<i>Lactuca sativa</i>	Asteraceae	Lechuga
<i>Medicago sativa</i>	Leguminosae	Alfalfa
<i>Nicotiana tabacum</i>	Solanaceae	Tabaco
<i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	Passifloraceae	Maracuyá
<i>Sesamum indicum</i>	Pedaliaceae	Ajonjolí
<i>Solanum melongena</i>	Solanaceae	Berenjena
<i>Vitis vinifera</i>	Vitaceae	Uva
Cultivos por confirmar		
<i>Raphanus sativus</i>	Cruciferae	Rábano
<i>Solanum tuberosum</i>	Solanaceae	Papa

Fuentes: Informes nacionales (2000), Yuki *et al.* (2002).

América Latina y el Caribe, mediante una serie de ocho preguntas, que podrían considerarse como relevantes o pertinentes y que contribuyen a lograr una visión crítica y de conjunto sobre los avances logrados.

1. ¿Cuánto se conoce sobre la bioecología de *B. tabaci*?

En realidad, es muy poco lo que se conoce sobre las numerosas especies de la familia Aleyrodidae. Casi todo el conocimiento se concentra en dos especies, *B. tabaci* y *T. vaporariorum*, y especialmente en la primera. Asimismo, *B. tabaci* tiene 17 razas o biotipos documentados (denominados con letras, en secuencia, desde la A hasta la Q), de los cuales al menos seis están en América (Brown *et al.* 1995, DeBarro y Driver 1997). Los más difundidos son el **A** (biotipo "original" en América), **B** (originario del Viejo Mundo) y **Q** (localizado en la cuenca del mar Mediterráneo). Casi todos los estudios bioecológicos se han realizado con los dos primeros biotipos. Dichos estudios comprenden sus ciclos de vida, fisiología, comportamiento, ámbito de hospedantes, relaciones insecto-planta y enemigos naturales.

Aunque pareciera que el conocimiento sobre los biotipos de *B. tabaci* es de importancia meramente académica, esta es una idea falsa. Hasta ahora solamente hay información detallada sobre los biotipos **A** y **B**, pero ésta es suficiente para remarcar su importancia práctica y lo conveniente que sería contar con información análoga para otros biotipos.

Por ejemplo, el biotipo **B**, contrasta con el **A** en varios aspectos (Perring 1996). Su fecundidad es cercana a 200 huevos/hembra, casi el doble del biotipo. Tiene mayor tolerancia al frío que el **A**, lo cual le permite invadir zonas ubicadas a mayores altitudes y latitudes, así como soportar períodos adversos y recuperar sus poblaciones en forma rápida, posteriormente. Ataca cultivos que el **A** no afecta, entre los que sobresalen crucíferas como el repollo, coliflor y brócoli (*Brassica oleracea*), lechuga (*Lactuca sativa*, Compositae), cítricos (*Citrus* spp., Rutaceae) y papaya (*Carica papaya*, Caricaceae); además, puede completar su ciclo o desarrollo en el cultivo de tomate.

Finalmente, puede inducir cuatro tipos alteraciones

fitotóxicas o síndromes, los cuales pueden tener un impacto serio en los rendimientos. El *síndrome de la hoja plateada* se presenta en *Cucurbita* spp., e inicialmente las nervaduras se tornan blanquecinas o brillantes, y la hoja poco a poco adquiere una apariencia reticulada en el haz, hasta quedar totalmente plateada. El de la *maduración irregular* hace que el fruto de tomate muestre bandas amarillentas longitudinales y que los tejidos internos permanezcan blanquecinos, sin llenarse por completo. El *palidamiento del tallo en brócoli* y el *amarillamiento del follaje* en lechuga además provocan arrugamiento y pérdidas en el peso del follaje. Estos síndromes son causados por sustancias toxicogénicas presentes en la saliva de las ninfas, las cuales son transportadas dentro de la planta, lejos de los puntos de alimentación de las ninfas. En términos prácticos, una ventaja es su reversibilidad pues, al eliminar las ninfas, el tejido nuevo no resulta afectado.

En resumen, se ha avanzado bastante en el conocimiento de la biología y ecología de *B. tabaci*, y varios de los patrones observados parecen comunes a otros miembros de la familia Aleyrodidae, por lo que la información podría extrapolarse, al menos parcialmente. No obstante, hay un déficit sensible de información para otras especies, así como para biotipos diferentes del **A** y el **B**, que podría ser muy útil para mejorar su manejo como plagas

2. ¿Son imputables los problemas en nuestro continente solo al biotipo B?

Dada la coincidencia temporal con lo ocurrido en 1991 el sur de los EE.UU. (California, Arizona, Texas y Florida), donde se presentó una situación grave, por daño directo, en varios cultivos (algodón, melón, tomate y plantas ornamentales), se consideró que tal simultaneidad obedecía a la introducción accidental del biotipo **B**. El patrón temporal observado se expresó así: 1986 (Nicaragua), 1987 (Guatemala), 1988 (República Dominicana y Costa Rica), 1989 (Belice, Honduras, El Salvador, Cuba y Puerto Rico), 1990 (Haití), 1991 (México, Panamá, Jamaica y Brasil) y 1994 (Ecuador) y 1998 (Chile) (Informes Nacionales 2000). No obstante, esta hipótesis carece de sustento científico, pues aunque dicho biotipo aparece en varios países del continente (Cuadro 2), hoy se sabe que la situación es más compleja.

Cuadro 2. Distribución de biotipos de *B. tabaci* en América Latina y el Caribe hasta el año 2003

País	Región	Biotipos ²	Determinación ³	Fuente
México	Norte	A y B	NI	Torres <i>et al.</i> (2000)
Guatemala	Centro	A, B y otros	Brown	Mejía <i>et al.</i> (2000)
Belice	Centro	B	Brown	Brown (1992)
El Salvador	Centro	A y B	CIAT	Sermeño y Cervantes (2000)
Honduras	Centro	B (?)	Brown	Brown (1992)
Nicaragua	Centro	B (?) y otros	Brown	Brown (1992)
Costa Rica	Centro	A, B y otros	CIAT	Hilje <i>et al.</i> (2000)
Panamá	Centro	A y B	CIAT	Chang (2000)
Cuba	Caribe	B	NI	Vázquez <i>et al.</i> (2000)
Rep. Dominicana	Caribe	A y B	CIAT	Villar <i>et al.</i> (2000)
Puerto Rico	Caribe	B	Brown	Pantoja y Cabrera (2000)
Jamaica	Caribe	B	Brown	Brown <i>et al.</i> (2002)
Colombia	Sur	A y B	CIAT	García y López-Avila (2000)
Venezuela	Sur	A y B	CIAT	Salas y Arnal (2000)
Ecuador	Sur	A y B	CIAT	Valarezo y Arias (2000)
Perú	Sur	A y B	NI	Valencia <i>et al.</i> (2000)
Brasil	Sur	B	NI	Haji <i>et al.</i> (2000)
Bolivia	Sur	B (?)	NI	Oscar Barea, com. pers. (2003)
Chile	Sur	B (?)	NI	Mondaca (2000)
Argentina	Sur	B	Brown	Viscarret <i>et al.</i> (2003)

¹ Se omiten, por falta de datos, los siguientes países: Haití, Paraguay y Uruguay.

² NI: No indicado; B(?): Posible presencia del biotipo B, con base en síntomas o información molecular por confirmar.

³ NI: No indicado; Brown: Laboratorio de la Dra. Judith K. Brown (University of Arizona, Tucson); CIAT: Laboratorio del CIAT (Cali, Colombia), como parte del proyecto *Sustainable Integrated Management of Whiteflies as Pest and Vectors of Plant Viruses in the Tropics*.

En realidad, en algunos países los daños han sido causados por otros biotipos nativos de *B. tabaci*, incluyendo al biotipo A, que está ampliamente distribuido en el continente (Cuadro 2). Por ejemplo, en Costa Rica, que es un país muy pequeño, se nota una situación heterogénea y diversa. Hasta hace pocos años no aparecía el biotipo B, pero ahora se sabe que en las principales zonas productoras de tomate predomina el biotipo A (Hilje *et al.* inédito). El biotipo B se restringe a ciertas zonas de las provincias de Guanacaste y Puntarenas, en campos de cucurbitáceas, como el melón, sandía y pepino, así como de chile jalapeño. Hay otros biotipos en tomate, chile dulce y

chile jalapeño, a veces junto con el biotipo A. Se ha observado que el biotipo A casi no se reproduce en el tomate, pero lo hace profusamente en el chile dulce (*Capsicum annum*).

En síntesis, la simultaneidad observada pareciera deberse, además de la introducción del biotipo B, a fenómenos más amplios -quizás de tipo climático o agronómico- con capacidad de afectar no solamente a otros biotipos de *B. tabaci*, sino también a otros miembros de la familia Aleyrodidae que han alcanzado densidades explosivas, incluyendo a *T. vaporariorum* y a algunas de las especies que atacan cultivos como

yuca, papaya y banano (Caballero 1996, Blanco-Metzler y Laprade 2000). Esto amerita mayores estudios, basados en un conocimiento más profundo de la biología y ecología de los miembros de dicha familia.

3. ¿Se conoce suficiente sobre los geminivirus y su epidemiología?

B. tabaci puede transmitir virus pertenecientes a varios grupos, como carlavirus, luteovirus, nepovirus, potyvirus y closterovirus (Brown 1994). Sin embargo, sobresale por su afinidad con los geminivirus o begomovirus (Geminiviridae), de los cuales transmite al menos 50 mundialmente (Markham *et al.* 1996). En América se han detectado geminivirus en algodón, calabaza, chile, lechuga, varias leguminosas, melón, okra, pepino, sandía y tomate (Brown 1994).

No obstante, la situación es más compleja aún, pues un mismo cultivo puede ser afectado por varios geminivirus, en diferentes países o en diferentes zonas de un mismo país, como sucede con el tomate en América, donde es afectado por 17 geminivirus (Polston y Anderson 1997); además, a veces aparecen mezclados varios de ellos en una misma planta, originando complejas interacciones (RiveraBustamante 1995) y, en ciertos casos, algunos virus con superioridad competitiva pueden desplazar y eliminar a otros. Por ejemplo, en Costa Rica, por varios años predominó en tomate el virus del moteado amarillo del tomate (ToYMoV), pero en años recientes apareció el Sinaloa Tomato Leaf Curl Virus (STLCV) en infecciones mixtas con él (Karkashian *et al.* 1998) y actualmente lo ha desplazado en varias zonas del país (James Karkashian 2002, CIBCM, Universidad de Costa Rica, com. pers.).

Un caso particular es el del virus del rizado amarillo de la hoja del tomate (TYLCV), que es de origen mediterráneo, pero trasladado a nuestro continente de manera inadvertida y apareció en la República Dominicana. Posteriormente se extendió hacia otras islas del Caribe (Puerto Rico, Cuba, Bahamas, Jamaica y Guadalupe) y a Florida, y de aquí a los estados de Georgia, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Mississippi, Luisiana y Virginia; asimismo, se encuentra en Yucatán (México) (Jane E. Polston 2003, University of Florida, Bradenton, com. pers.).

Dicho virus tiene la capacidad de desplazar a muchos

virus nativos (Judith K. Brown 1999, University of Arizona, Tucson com. pers.) y es muy dañino, ya que causa aborto floral, disminuyendo severamente la producción de frutos. Asimismo, a diferencia de muchos de los virus nativos, tiene un amplio ámbito de hospedantes, incluyendo plantas silvestres y ornamentales (Jane E. Polston 2003, University of Florida, Bradenton, com. pers.). Esto crea un gran desafío para los sistemas de cuarentena de nuestros países, ya que podría ingresar de manera inadvertida, incluso en plantas asintomáticas.

Pero, aparte de esto, es muy poco o casi nada lo que se conoce de la epidemiología de los geminivirus nativos. Es decir, casi no hay estudios sobre parámetros críticos de la relación vector-virus, tales como los tiempos de adquisición/inoculación, incubación extrínseca e intrínseca y de retención de los virus; la proporción de insectos virulíferos, así como sus tasas de alimentación, inmigración, reproducción y mortalidad; y las condiciones del cultivo, como su susceptibilidad (período crítico), su densidad de siembra y arreglos espaciales (Anderson 1993). Dichos parámetros permitirían precisar mejor el tipo de estrategia a seguir para el manejo del vector y los virus que transmite.

No obstante, la amplia y continua expansión tanto del biotipo **B** como del TYLCV, pareciera conducirnos a una especie de anulación de la diversidad intrínseca de los patosistemas agrícolas del continente, debido al desplazamiento de los biotipos y los geminivirus nativos. Es decir, aún antes de haber podido estudiar y entender a cabalidad los patosistemas originales, hay un fuerte riesgo de simplificación, que conduciría a la unificación de los sistemas de manejo.

4. ¿Hay riesgo de que surjan problemas inusitados?

El hecho de contar con insecticidas eficaces, como los descritos previamente, ha provocado que los agricultores perciban que la crisis de años anteriores ya fue superada. Sin embargo, este triunfalismo podría quedar anulado por otros factores, aparte del riesgo de resistencia. Al respecto, cabe advertir que tanto los dos componentes del complejo *B. tabaci*-virus como sus interacciones, son dinámicos y evolucionan continuamente, dando origen a situaciones nuevas, que podrían ser de difícil manejo. Tres ejemplos recientes ilustran esta situación.

En Bahía (Brasil), en 2001 se observaron muy altas poblaciones de un biotipo desconocido de *B. tabaci* (diferente del **B**) en maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), un hospedante nuevo, asociadas con dos virus, el Passion fruit woodness virus (PWV) y un begomovirus (Yuki *et al.* 2002). Curiosamente, en la región de São Paulo, donde abunda el biotipo **B**, éste no coloniza al cultivo y, además, cuando se trató de que transmitiera el begomovirus experimentalmente, no lo hizo. Es decir, hay relaciones nuevas entre biotipos, virus y hospedantes, desconocidas previamente.

Otro caso ilustrativo fue la aparición de una severa geminivirosis en melón en Zacapa (Guatemala) en 2001. Esto fue algo insólito pues, aunque antes se habían detectado geminivirus en melón en América Central (Pilar Ramírez 2001, CIBCM, Universidad de Costa Rica, com. pers.), nunca se habían observado epidemias. En el área citada, más de 1000 ha afectadas por la virosis debieron arrancarse (Carlos Rodríguez 2001, Del Monte Specialties, com. pers.); en una sola empresa se eliminaron 246 ha. En general, donde no se arrancaron las parcelas las aplicaciones de insecticidas aumentaron de 18 a 30 y, aún así, los rendimientos disminuyeron de 1200 a 700 cajas/ha (de 19.800 a 11.550 kg/ha), obteniéndose además un producto de baja calidad.

Finalmente, en Río Grande do Norte y Ceará (Brasil), donde hay un área de unas 6000 ha de melón, gran parte resultó seriamente dañada por virus por el biotipo **B** (Fernandes y de Ávila 2002) durante las temporadas de 1999 y 2000. Un primer análisis molecular indica que se trata de un virus perteneciente a la familia Closteroviridae, del género Crinivirus, pero aún faltan análisis que podrían revelar la presencia de otros tipos de virus.

Estos tres casos demuestran que, si se desestimulan los esfuerzos por conocer y entender mejor la bioecología de los diferentes biotipos de *B. tabaci*, así como la epidemiología de los virus implicados, en los próximos años podríamos estar enfrentados a numerosas sorpresas emergidas de esta "caja de Pandora". Y, lamentablemente, el precio económico y ambiental podrían ser muy altos, como en los dos casos reseñados para el melón.

5. ¿Aporta el combate químico una solución duradera al problema?

Cuando los problemas con *B. tabaci* recrudecieron en los años 80 y 90, los agricultores recurrieron a insecticidas de amplio espectro (incluyen piretroides, organofosforados, carbamatos, organoclorados, detergentes, aceites y algunas mezclas de productos), pero pronto fue evidente que no funcionaban.

Es posible que, además de la existencia de estirpes resistentes a productos específicos, también hubiera resistencia cruzada (a productos con modos de acción afines), como lo sugiere el caso, muy bien documentado, del algodón en Guatemala (Dittrich *et al.* 1990). Hasta 1987 *B. tabaci* desarrolló resistencia a 16 insecticidas de diferente origen químico, y alcanzó niveles de resistencia de 900 veces para la bifentrina y la cialotrina, y de 2000 veces para el quinalfós y la deltametrina. Sin duda, en esto contribuyeron la brevedad del ciclo de vida de *B. tabaci*, su gran plasticidad genética e, incluso, el hecho de presentar partenogénesis facultativa.

Por fortuna, aparecieron insecticidas con nuevos modos de acción. Entre ellos destacó inicialmente el imidacloprid (Admire, Confidor, Gaucho, Marathon, Merit y Provado), seguido por otros productos afines, como el acetamiprid (Assail, Mospilan y Rescate), thiamethoxam (Actara, Cruiser y Platinum), nitenpyram (Bestguard) y thiacloprid (Calypso). Todos estos neonicotinoides son neurotoxinas que actúan en los receptores de la acetilcolina en las neuronas del insecto, y funcionan sistémicamente en la planta. Asimismo, se ha contado con varios reguladores del crecimiento, de los cuales la buprofezina (Applaud) es un inhibidor de la síntesis de quitina, mientras que el piriproxifén (Admiral, Knack y Tiger) es un imitador de la hormona juvenil (Horowitz e Ishaaya 1996, Palumbo *et al.* 2001).

Sin duda algunas, estos productos ha sido claves para restablecer la confianza de los agricultores en varios países del mundo -incluyendo los latinoamericanos-, acerca de la viabilidad de manejar al complejo *B. tabaci*-virus. Asimismo, estos productos son bastante selectivos para homópteros y relativamente inocuos para los enemigos naturales (Palumbo *et al.* 2001). En países

desarrollados se han utilizado con base en umbrales de acción generalmente, para aumentar así su eficacia y reducir el riesgo de resistencia.

No obstante, *B. tabaci* tiene la capacidad de desarrollar resistencia a todos ellos, como a casi cualquier insecticida que se utilice de manera intensiva. En la actualidad ya hay evidencias de resistencia para todos los productos citados, en varios sistemas agrícolas de Europa, Norteamérica e Israel (Palumbo *et al.* 2001). Esto crea un riesgo serio de que los éxitos alcanzados se reviertan, y se disponga de muy pocas o ninguna opción química para enfrentar el problema.

6. ¿Cuán eficaces son otros métodos de manejo?

En los tiempos modernos, los esfuerzos en fitoprotección se guían por el paradigma del manejo integrado de plagas (MIP), el cual se sustenta en tres principios: convivencia, prevención y sostenibilidad (Hilje 2001). Estos se tratan de aplicar en las diferentes tácticas de manejo, como lo son -aparte del combate químico selectivo- el combate fitogenético, las prácticas agrícolas y el control biológico.

En la literatura mundial abundan casos de éxitos con varias de estas tácticas (Cock 1986, Ohnesorge y Gerling 1986, Gerling 1990, Gerling y Mayer 1996, Naranjo y Ellsworth 2001). En América Latina y el Caribe, gran parte de la investigación realizada ha sido de tipo adaptativo, capitalizando las experiencias de otras regiones del mundo. Sin embargo, la mayor parte de dichas experiencias proviene de los EE.UU., donde los problemas se deben sobre todo al daño directo de *B. tabaci* y no a los virus que transmite, lo cual también ha obligado a realizar investigación original, en ciertos casos.

En relación con los logros alcanzados en América Central y el Caribe, en el último decenio se han hecho unas 410 contribuciones científico-técnicas, la mayoría sobre métodos de manejo (Hilje 2002), entre las cuales sobresalen los siguientes aportes técnicos:

Campañas fitosanitarias. Aunque se ha reforzado la capacitación para evitar o retardar el ingreso del biotipo B en algunos países, se ha tenido éxito sobre todo evitando que se disemine dentro de éstos, como se ha hecho en México, para evitar su desplazamiento desde el norte hacia el sur del país. Esto se ha logrado mediante sólidas campañas fitosanitarias, sustentadas en normas jurídicas, y basadas en la organización y participación de los productores, entre las que destacan las de México, Cuba y la República Dominicana. Si bien, lógicamente, ha habido especificidades según el país, la concepción territorial y la coordinación entre regiones ha sido fundamental en todas. Ha sido clave la programación de las fechas de siembra, la capacitación y las inspecciones en pre-temporada, los planes de semilleros, la disponibilidad de bioplaguicidas y otros insumos para el manejo de la plaga, y los períodos de cosecha y destrucción de residuos.

Por tratarse de un caso particularmente exitoso, así como bien documentado, a continuación se destaca la experiencia exitosa obtenida en la República Dominicana con el establecimiento y acatamiento obligatorio de las fechas de siembra y de vedas. De hecho, ambas prácticas son complementarias, y se basan en la interrupción del ciclo de vida y la reproducción de *B. tabaci*. Las primeras consisten en sembrar el cultivo de interés de manera sincronizada en una misma región, mientras que con las vedas se pretende evitar la presencia de hospedantes que sirvan como un "puente" entre las temporadas principales de dicho cultivo.

En este país, en años anteriores la producción de tomate para pasta colapsó, gravemente afectada por el virus del rizado amarillo de la hoja del tomate (TYLCV), que es exótico. La crisis fue tan seria que, de la temporada 1988-89 a la de 1993-94, el área cosechada disminuyó de 8805 a 6603 ha, mientras que los rendimientos decrecieron de 21,6 a 11,3 t/ha. Para superar esta situación, las fechas de siembra y las vedas se implementaron, con el apoyo de decretos que prohibían la siembra de hospedantes reproductivos de *B. tabaci* tres meses antes de la temporada principal del tomate y promovían al sorgo (*Sorghum bicolor*) como cultivo de rotación. Afortunadamente ellas, en

combinación con otras medidas (híbridos tolerantes y uso racional de insecticidas), permitieron aumentar el área cosechada a 8940 ha y los rendimientos a 28 t/ha, para la temporada 1996-97.

Cultivares tolerantes. Los mayores esfuerzos en el combate fitogenético del complejo mosca blanca-virus se han focalizado hacia el frijol y el tomate, gracias a los esfuerzos de las redes PROFRIJOL (coordinada por el CIAT, en Colombia) y REDCAHOR (Red Colaborativa de Investigación y Desarrollo en Hortalizas para América Central y República Dominicana), respectivamente. En ambos casos se dispone de germoplasma valioso, el cual ha demostrado buen potencial para el desarrollo de cultivares comerciales de frijol y de tomate; lamentablemente, REDCAHOR se encuentra suspendida, pero se espera que resurja en los próximos años.

Actualmente se cuenta con híbridos tolerantes al TYLCV disponibles comercialmente, algunos de los cuales contribuyeron a superar la crisis en la República Dominicana, pero se desconoce si estos cultivares también son tolerantes a los numerosos geminivirus nativos que afectan al tomate en América (Polston y Anderson 1997). Afortunadamente, en la actualidad hay un programa colaborativo de mejoramiento en Guatemala, con el apoyo de varias instituciones de Israel, EE.UU. y Francia, el cual ya cuenta con líneas promisorias, tolerantes a varios geminivirus nativos, derivadas de *Lycopersicon hirsutum*, *L. peruvianum* y *L. pimpinellifolium* como fuentes de resistencia al TYLCV (Luis Mejía 2002, Universidad de San Carlos, com. pers.).

Semilleros cubiertos. Esta práctica ha tenido mucho éxito, y se basa en la exclusión de *B. tabaci* con mallas finas. Es especialmente crítica en su papel como vector, pues durante la etapa de semillero las plántulas son más susceptibles a la infección por virus. En la actualidad, en varios países de América Central y el Caribe es común la producción comercial de plántulas en grandes invernaderos, los cuales han surgido en respuesta a los problemas causados por el complejo mosca blanca-virus. En estos invernaderos aún no se utilizan ampliamente nuevos materiales protectores, como algunos plásticos y mallas impregnados con un pigmento que bloquea una parte del espectro de la luz ultravioleta (como el "bionet"), lo cual desorienta a los

adultos de *B. tabaci* cuando trata de localizar el cultivo; no obstante, es previsible que pronto se haga.

Una opción que ha tenido buena aceptación en la región, debido a su eficacia y bajo costo, es la producción de plántulas dentro de microtúneles. Así, en vez de comprar plántulas provenientes de grandes invernaderos, muchos pequeños agricultores producen sus propias plántulas, para lo cual siembran la semilla de tomate en cartuchos de papel periódico y los colocan dentro de pequeños túneles cubiertos con malla fina (Tildenet IN50 o Biorete 20/10) durante los primeros 22-25 días desde la siembra. Las plántulas resultantes no están enfermas por virus, tienen buena forma y no sufren estrés al ser trasplantadas.

Coberturas al suelo. Las coberturas con plásticos plateados o blancos, que actúan como un repelente físico de *B. tabaci*, se utilizan a escala comercial en varios países de la región, sobre todo para melón y sandía, aunque también para tomate y chile dulce. Sin embargo, sus mayores limitaciones son los altos costos y su eliminación, que causa contaminación ambiental. Una opción con gran potencial para pequeños productores, la cual se está validando actualmente en campos de tomate en Costa Rica, son las coberturas vivas. Entre ellas sobresale el culantro (*Coriandrum sativum*, Umbelliferae), ya que disminuye la afluencia de adultos de *B. tabaci*, así como la incidencia y severidad de enfermedades virales, y es rentable, pues además de mejorar los rendimientos per se, la venta del culantro genera ingresos adicionales.

Sustancias repelentes/disuasivas. Estas sustancias pueden evitar que el vector haga contacto con el cultivo e inocule los geminivirus, pero hasta ahora han sido poco evaluadas en el campo. Sin embargo, se han documentado el efecto disuasivo de algunos aceites minerales (Volck 100 Neutral y Sunspary Oil) y vegetales (nim y Cinnamite), así como de varios extractos de plantas silvestres, los cuales podrían utilizarse de manera rústica, especialmente en sistemas de pequeños productores. En Costa Rica se han evaluado más de 60 extractos, de los cuales los siguientes han mostrado efectos promisorios: chile muelo (*Drymis granatensis*, Winteraceae), madero negro (*Gliricidia sepium*, Fabaceae), tacaco cimarrón (*Sechium pittieri*, Cucurbitaceae), apazote

(*Chenopodium ambrosioides*, Chenopodiaceae), sorosi (*Momordica charantia*, Cucurbitaceae) y hombre grande (*Quassia amara*, Simaroubaceae).

7. ¿Son adecuados los conceptos y métodos de transferencia de tecnología?

La validación y transferencia de tecnologías para el manejo del complejo *B. tabaci*-virus se ha efectuado con bastante éxito en todos los países de América Latina y el Caribe. Esto ha permitido un cambio en la mentalidad y en las prácticas de los agricultores, quienes, a diferencia de cuando se inició el problema con dicho complejo y recurrían al uso de insecticidas de amplio espectro, han sido más conscientes y cuidadosos. A pesar de que en años recientes la transferencia ha perdido fuerza, por la percepción errónea de que la crisis ya fue superada, hoy se cuenta con fortalezas para enfrentar situaciones inéditas.

En América Latina y el Caribe se han realizado aportes valiosos en cuanto a la validación y transferencia de tecnologías de MIP, no solamente en los campos de los agricultores, sino también en aspectos conceptuales y metodológicos. Por ejemplo, en Nicaragua, en contraposición con los métodos de extensión convencionales, se ha desarrollado un modelo de investigación participativa (y también de capacitación y aprendizaje), el cual ha utilizado el manejo del complejo mosca blanca-virus como uno de sus temas de trabajo (Zamora *et al.* 2001).

En dicho proceso participativo los productores se involucran desde el inicio en la generación de tecnologías realmente compatibles con su sistema de producción y, a la vez, durante el proceso aumenta su autonomía y confianza, al incrementarse su capacidad para tomar decisiones y razonar ecológicamente, de modo que en el futuro puedan hacer innovaciones en su sistema, independientemente de la presencia de extensionistas en su zona.

Dado que los métodos de extensión convencionales han demostrado ser poco funcionales en programas de MIP, creemos urgente involucrar a los productores mediante métodos de investigación participativa –como los descritos previamente–, para así garantizar la adopción

e implementación de los programas de MIP para lidiar con el complejo mosca blanca-virus.

8. ¿Cuán importante ha sido el papel de las redes de colaboración?

Para abordar un problema tan difícil como el del complejo mosca blanca-virus, es imprescindible el trabajo interdisciplinario, con los enfoques y métodos de varias ramas de las ciencias biológicas (taxonomía, biología, ecología, virología, epidemiología, microbiología y agronomía), así como de las ciencias sociales (economía, sociología y antropología). Pero, a la vez, la dimensión internacional no puede ni debe ser soslayada.

En nuestro continente, al primera iniciativa al respecto fue el establecimiento del *Plan Nacional de Investigación y Acción sobre B. tabaci*, en los EE.UU., en febrero de 1992, con un plazo quinquenal. No obstante, éste se ha extendido ya por más de un decenio, y su coordinación funciona mediante grupos temáticos de trabajo y reuniones técnicas de carácter anual (Henneberry *et al.* 2002).

Este fue un excelente estímulo para que en agosto de 1992 se realizara el *Primer Taller Centroamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas*, en Turrialba, Costa Rica. En dicho evento se configuró el *Plan de Acción Regional para el Manejo de las Moscas Blancas*, cuyo propósito era coordinar esfuerzos entre países, a través de una red de Comisiones Nacionales o Grupos Técnicos en cada país (Hilje 1998). Su eje estratégico es la validación y transferencia, hacia los agricultores, de tecnologías de manejo integrado (MIP) del complejo mosca blanca-virus, complementadas con actividades de diagnóstico, investigación y capacitación.

Hasta ahora, a pesar de no contar con financiamiento sólido ni permanente, la Red ha logrado importantes avances, entre los que sobresale la ampliación de su cobertura (de 7 a 21 países, incluyendo a España y Portugal), por lo que ahora se denomina *Plan de Acción para el Manejo de Moscas Blancas y Geminivirus en Iberoamérica y el Caribe*. Procura que se comparta información técnica y experiencias prácticas, mediante un Taller Anual –que se realiza de manera rotativa entre

los países- y el boletín trimestral *Mosca Blanca al Día*, así como la comunicación permanente mediante correo electrónico. Además, se cuenta con un pórtico en internet (www.catie.ac.cr/moscablanca), donde aparece gran parte de la información generada desde la creación de la Red.

Desde entonces, la Red ha mantenido una estrecha relación con otras iniciativas continentales y mundiales. En el primer caso, hay buenos vínculos con el *Plan Nacional de Investigación y Acción sobre B. tabaci*, de los EE.UU., así como con el Proyecto Mosca Blanca-CIAT (*Sustainable Integrated Management of Whiteflies as Pest and Vectors of Plant Viruses in the Tropics*). En el plano mundial, también hay muy buenos vínculos con la *Red Europea para el Estudio de las Moscas Blancas* (EWSN).

Sin duda, estas relaciones, fortalecidas a través de congresos de carácter tanto continental como mundial, aseguran la disponibilidad casi inmediata de información técnica reciente, para beneficio de los técnicos y los agricultores del continente.

Cuadro 2. Distribución de biotipos de *B. tabaci* en América Latina y el Caribe hasta el año 2003

Agradecimientos

A los colegas y los agricultores que han colaborado en el último decenio, con sus ideas, consejos e información, en todo nuestro continente. A los siguientes colegas, que aportaron valiosa información para la presente ponencia: Judith K. Brown y Rafael Caballero (University of Arizona, Tucson), James Karkashian y Pilar Ramírez (Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular, Universidad de Costa Rica), Luis Mejía (Universidad de San Carlos, Guatemala), Steven E. Naranjo (USDA, Arizona), Jane E. Polston (University of Florida, Bradenton), Carlos Rodríguez (Del Monte Specialties, Costa Rica), Oscar Barea y Juan Vallejos (Bolivia), Wayne McLaughlin (Jamaica) y Mariana Viscarret (Argentina).

Literatura citada

- ANDERSON, P.K. 1993. Un modelo para la investigación en mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius). In *Las moscas blancas* (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. L. Hilje y O. Arboleda (eds.). CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 205. 66 p.
- BINK-MOENEN, R.M.; MOUND, L.A. 1990. Whiteflies: Diversity, biosystematics and evolutionary patterns. In *Whiteflies: Their bionomics, pest status and management*. D. Gerling (ed.). Athenaeum Press, New Castle, UK. p. 1-12.
- BLANCO-METZLER, H.; LAPRADE, S. 2000. Variación estacional de la mosca blanca *Aleurodicus dispersus* y sus parasitoides en plantaciones de banano, en Matina, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 55: 43-48.
- BROWN, J.K. 1993. Evaluación crítica sobre los biotipos de mosca blanca en América, de 1989 a 1992. In *Las moscas blancas* (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. L. Hilje y O. Arboleda (eds.). Serie Técnica. Informe Técnico No. 205. CATIE. p. 1-9.
- BROWN, J.K. 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. *FAO Plant Protection Bulletin* 42(12): 332.
- BROWN, J.K.; BIRD, J. 1992. Whitefly-transmitted geminiviruses in the Americas and the Caribbean Basin: Past and present. *Plant Disease* 76: 220225.
- BROWN, S.; McLAUGHLIN, W.; TORRES JEREZ, I.; BROWN, J.K. 2002. Identification and distribution of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) haplotypes in Jamaica *Tropical Agriculture* (Trinidad) 79: 3.
- BROWN, J.K.; BEDFORD, I.D.; BIRD, J.; COSTA, H.S.; FROHLICH, D.R.; MARKHAM, P.G. 1995. Characterization and distribution of esterase

- electromorphs in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae). *Biochemical Genetics* 33:205213.
- CABALLERO, R. 1996. Identificación de moscas blancas. *In* Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. L. Hilje (ed.). Serie Materiales de Enseñanza No. 37. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 1-10.
- COCK, M.J.W. (ed.). 1986. *Bemisia tabaci* A literature survey. Silwood Park, UK. CAB Intl. Inst. Biol. Control. 121 p.
- CHANG, R. 2000. Informe de Panamá. *In* IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 167-169.
- DeBARRO, P.J.; DRIVER, F. 1997. Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Australian Jour. Entomol.* 36: 149-152.
- DITTRICH, V.; UK, S.; ERNST, G.H. 1990. Chemical control and insecticide resistance of whiteflies. *In* Whiteflies: Their bionomics, pest status and management. D. Gerling (ed.). New Castle, UK. Atheneum Press. p. 263285.
- FERNANDES, O.A.; DE ÁVILA, A.C. 2002. Epidemia viral en melón. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 65: Mosca Blanca al Día No. 40.
- GARCIA, J.; LOPEZ-AVILA, A. 2000. Informe de Colombia. *In* IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 179-183.
- GERLING, D. (ed.). 1990. Whiteflies: Their bionomics, pest status and management. New Castle, UK. Atheneum Press. 348 p.
- GERLING, D.; MAYER, R.T. (eds.). 1996. *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management. Intercept, United Kingdom. 702 p.
- HAIJ, F.N.P.; LIMA, M.F.; BARBOSA, F.R.; DE ALENCAR, J.A.; OLIVEIRA, M.R.V.; ARAÚJO, L.H.A.; BLEICHER, E.; DA SILVA, P.H.S.; DA S. CARNEIRO, J. 2000. Relatorio do Brasil. *In* IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 187-191.
- HENNEBERRY, T.J.; FAUST, R.M.; JONES, W.A.; PERRING, T.M. (eds.). 2002. Silverleaf Whitefly: National Research, Action, and Technology Transfer Plan: Fourth Annual Review of the Second 5-Year Plan and Final Report for 1992-2002. San Diego, California. U.S. Department of Agriculture. 438 p.
- HILJE, L. 1996. Introducción. *In* Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. L. Hilje (ed.). Serie Materiales de Enseñanza No. 37. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. VII-XV.
- HILJE, L. 1998. Un modelo de colaboración agrícola internacional para el manejo de moscas blancas y geminivirus en América Latina y el Caribe. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 49: 1-9.
- HILJE, L. (ed.). 2000. Informes nacionales. IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá (www.catie.ac.cr/moscablanca)
- HILJE, L. 2001. Avances hacia el manejo sostenible del complejo *Bemisia tabaci*-geminivirus en tomate, en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 61: 70-81.
- HILJE, L. 2002. Manejo de *Bemisia tabaci* en América Central y el Caribe: la experiencia de un decenio. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 65: 102-108.
- HILJE, L.; RAMIREZ, P.; SIBAJA, G. 2000. Informe de Costa Rica. *In* IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 163-166.

- HOROWITZ, A.R.; ISHAAYA, I. 1996. Chemical control of *Bemisia*- Management and applications. In *Bemisia 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management*. D. Gerling & R.T. Mayer (eds.). Intercept, United Kingdom. p. 537-556.
- KARKASHIAN, J.P.; NAKHLA, M.K.; MAXWELL, D.P.; HILJE, L.; RAMIREZ, P. 1998. Enhanced symptom severity in mixed infections of two tomato-infecting geminiviruses in Costa Rica. In VII Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Managua, Nicaragua. p. 204.
- MARKHAM, P.G.; BEDFORD, I.D.; LIU, S.; FROLICH, D.R.; ROSELL, R.; BROWN, J.K. 1996. The transmission of geminiviruses by biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius). In *Bemisia 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management*. D. Gerling & R.T. Mayer (eds.). Intercept, United Kingdom. p. 69-75.
- MEJIA, L.; PALMIERI, M.; DARDON, D. 2000. Informe de Guatemala. In IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 148-151.
- MONDACA, P. 2000. Informe de Chile. In IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 199-201.
- NARANJO, S.E.; ELLSWORTH, P.C. 2001. Challenges and opportunities for pest management of *Bemisia* in the New Century. Special issue. *Crop Protection* 20(9): 707-869.
- OHNESORGE, B.; GERLING, D. (eds.). 1986. *Bemisia tabaci* Ecology and control. Special issue. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 17: 1-152.
- OLIVEIRA, M.R.V.; HENNEBERRY, T.J.; ANDERSON, P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20(9): 709-723.
- PALUMBO, J.C.; HOROWITZ, A.R.; PRABHAKER, N. 2001. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20(9): 739-765.
- PANTOJA, A.; CABRERA, I. 2000. Informe de Puerto Rico. In IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 176-178.
- PERRING, T.M. 1996. Biological differences of two species of *Bemisia* that contribute to adaptive advantage. In *Bemisia 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management*. D. Gerling & R.T. Mayer (eds.). Intercept, United Kingdom. p. 1-16.
- POLSTON, J.E.; ANDERSON, P.K. 1997. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the Western Hemisphere. *Plant Disease* 81(12): 1358-1369.
- RIVERA-BUSTAMANTE, R. 1995. Recombinación de geminivirus y sus implicaciones en la agricultura. In Memoria IV Taller Latinoamericano sobre Moscas Blancas y Geminivirus. R. Caballero y A. Pitty (eds.). Ceiba (Honduras) 36(1): 99-102.
- SALAS, J.; ARNAL, E. 2000. Informe de Venezuela. In IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 184-186.
- SERMEÑO, J.M.; SERRANO, L. 2000. Informe de El Salvador. In IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 152-1561.
- TORRES, C.; MARTÍNEZ, J.L.; RAMÍREZ, J.C. 2000. Informe de México. In IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 144-147.
- VALAREZO, O.; ARIAS DE LOPEZ, M. 2000. Informe de Ecuador. In IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 192-193.

- VALENCIA, L.; MUJICA, N.; CISNEROS, F. 2000. Informe de Perú. *In IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus*. Panamá. Panamá. p. 194-198.
- VAZQUEZ, L.L.; GOMEZ, O.; GONZALEZ, G.; QUIÑONES, M. 2000. Informe de Cuba. *In IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus*. Panamá. Panamá. p. 170-172.
- VILLAR, A.; ALVAREZ, P.; ESCARRAMÁN, V.; GÓMEZ, E. 2000. Informe de la República Dominicana. *In IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus*. Panamá. Panamá. p. 173-175.
- VISCARRET, M.M.; TORRES-JEREZ, I.; AGOSTINI DE MANERO, E.; LÓPEZ, S.N.; BOTTO, E.E.; BROWN, J.K. 2003. Characterization of non-B biotype populations of the *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera/Homoptera: Aleyrodidae) species complex from Argentina and Bolivia and first report of the B type in Argentina. *Annals Entomological Soc. America* 96(1): 65-72.
- YUKI, V.A.; NOVAES, Q.S.; SÃO JOSÉ, A.R.; REZENDE, J.A.M.; KITAJIMA, E.W. 2002. Un begomovirus en maracuyá. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 64: Mosca Blanca al Día No. 39.
- ZAMORA, M.; PADILLA, D.; SEDILES, A.; MONTERREY, J.; CASTILLO, P. 2001. Informe de Nicaragua. *In Resúmenes. X Taller Iberoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus*. Varadero, Cuba. p. 190-197.



AndinoNET: una iniciativa regional de soporte para la taxonomía

José A. Clavijo A.

Museo del Instituto de Zoología Agrícola Francisco Fernández Yépez (MIZA), Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Aragua, Venezuela

Los estudios taxonómicos de los diferentes componentes de la biodiversidad se han visto afectados por la franca disminución ocurrida en los últimos 20 años, en el número de investigadores dedicados a estas actividades. Esta situación se evidencia a escala mundial, tanto en países en vías de desarrollo como los desarrollados, y de la cuál no escapan los ubicados en la Región Andina. Una de las razones que ha contribuido a la escasez de taxónomos ha sido la competencia por recursos para la investigación de otras áreas de la ciencia, situación que se ha vivido y se vive en muchas partes de mundo, llegando a ocasionar el cierre de líneas completas de investigación, ya que simplemente los administradores no ven a la taxonomía como algo esencial dentro de sus instituciones. Parte de esta situación puede ser atribuida directamente a los taxónomos quienes no hemos sido buenos "vendedores" de la importancia de nuestro trabajo, y a que muchas veces nos falta incluir dentro de nuestro trabajo, además de la producción científica, la realización de "productos taxonómicos" para el uso práctico de sectores de nuestra sociedad no dedicados a la investigación, y que a través del pago de sus impuestos, financian nuestro trabajo.

La carencia de taxónomos ha traído como consecuencia la incapacidad de poder identificar los componentes de nuestra biodiversidad, lo que sin duda alguna dificulta su utilización sustentable, ya que difícilmente se puede hacer un uso adecuado de algo que simplemente, no se conoce. Adicionalmente, el desconocimiento taxonómico puede de manera significativa aumentar la posibilidad de cometer serios errores cuando se trata de controlar a una plaga o vector de enfermedades al hombre y los animales, y hay muchísimos ejemplos bien documentados sobre este respecto.

La reducción en el número de taxónomos y el poco soporte económico dado a las instituciones que se dedican a estas actividades ha traído entre otras consecuencias: 1) necesidad de buscar en instituciones extranjeras y a costos muy elevados (hasta 100 US \$/ejemplar), la identificación de nuestro material, 2) lentitud en el proceso para obtener la identificación por el excesivo trabajo que presentan la mayoría de las instituciones dedicadas a este tipo de trabajo, 3) inexactitud en la identificación debido a la presión a que están sometidos los taxónomos y a la carencia en muchos casos, de especialistas de los grupos sujeto de la consulta, y 4) algunas instituciones internacionales tienen una marcada discriminación hacia algunas regiones y/o países, debido a sus políticas internas o intereses particulares temporales.

BioNET-INTERNATIONAL, la Red Mundial para la Taxonomía (<http://www.bionet-intl.org>), fue establecida en 1993 con un mandato específico para facilitar el establecimiento de Redes de Cooperación Técnica (TCN) Subregionales (figura definida por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) para ayudar a la creación de capacidades taxonómicas con el fin de superar el impedimento taxonómico y hasta ahora ha creado una red internacional compuesta por más de 1.000 instituciones taxonómicas en más de 120 países, facilitada por una Secretaría Técnica que opera en el Reino Unido. Mediante sus TCN, que se conocen como LOOP (Asociaciones Organizadas y Operadas en forma Local), BioNET-INTERNATIONAL entrega un modelo probado para reunir, compartir y optimizar los recursos taxonómicos existentes de manera recíproca entre los países, en las diferentes regiones, y para maximizar la transferencia de la información, expertos

y nuevas tecnologías en el área taxonómica desde los centros expertos en el mundo desarrollado hacia las instituciones relevantes dentro de las LOOP. El programa de trabajo de la Iniciativa Mundial sobre Taxonomía (GTI en inglés) del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), identifica de manera específica las redes regionales de BioNET-INTERNATIONAL como las estructuras y mecanismos apropiados para crear la capacidad taxonómica requerida en la región, en apoyo a las obligaciones nacionales del Convenio de Diversidad Biológica. Por lo tanto, el establecimiento de una LOOP subregional de los países de la Comunidad Andina será un paso significativo hacia el mayor desarrollo de las capacidades de los países miembros de la LOOP para satisfacer las decisiones relevantes para la GTI y cumplir sus obligaciones bajo la CDB y los acuerdos e iniciativas internacionales relacionadas. La coordinación de cada red recae en una institución que haya sido seleccionada como tal por la mayoría de los miembros que la constituye, y debe tener el consentimiento del país de adscripción de dicha institución.

BioNET-INTERNATIONAL es una organización sin fines de lucro, así como sus redes subregionales. Tiene una Secretaría Técnica que es la encargada de facilitar el establecimiento de estas redes subregionales y para ello contribuye con unos fondos semilla de aproximadamente 130.000 US \$ para un período de dos años, con el fin de financiar la realización de propuestas para proyectos de diversa índole, costos de comunicación, realización de reuniones, etc., que tiendan al establecimiento de la red o LOOP y su autosostenibilidad. Después de ese período de dos años, las redes dependerán exclusivamente de soporte gubernamental que cada país aporte y de aquellos posibles donantes que puedan ser conseguidos. Las actividades que generalmente son desarrolladas en estas redes están establecidas en estas cinco categorías:

- 1) Entrenamiento.
- 2) Rehabilitación y financiamiento de colecciones biológicas y bibliotecas.
- 3) Información y comunicaciones.
- 4) Introducción y aplicación de nuevas tecnologías.
- 5) Funcionamiento sustentable de la Red.

La biodiversidad de los países de la comunidad Andina, la necesidad de desarrollar capacidades taxonómicas y la creación de AndinoNET

La región Andina tiene abundantes recursos naturales y una rica biodiversidad, que concentra el 25% del planeta. Todos los cinco países son listados entre los 11 primeros países mega-diversos y son firmantes de la Declaración de Cancún entre los países mega-diversos, la cual propone una cooperación sur-sur mucho más vigorosa en relación a la biodiversidad con un vasto potencial, y dando prioridad al acceso a recursos genéticos, distribución de beneficios, conocimiento tradicional y desarrollo de la biotecnología; todas las cuales son dependientes de una adecuada capacidad taxonómica. Los países de la Comunidad Andina, concientes de su único, rico, pero frágil legado natural han sido por largo tiempo destacados colaboradores de las iniciativas mundiales de conservación mundial, como lo evidencia su ratificación del Convenio sobre Diversidad Biológica y de la Agenda 21. Existe una preocupación profunda y compartida a través de la región en cuanto a la sostenibilidad ambiental y en particular en temas de servicios taxonómicos sólidos que pueden ayudar a mitigar, como la destrucción de ambientes naturales, la contaminación por pesticidas derivada de las actividades agrícolas, la contaminación causada por el desarrollo industrial, la identificación, control y erradicación de especies invasoras, como por ejemplo las plagas agrícolas y las provenientes de aguas de lastre de los barcos, así como la irreversible pérdida de recursos genéticos mediante la persistente destrucción del hábitat.

Tal como ha sido expresada en la Estrategia Regional de Biodiversidad para los Países del Trópico Andino (Decisión 523 CAN, agosto de 2002), los países de la región están cada vez más preocupados de la pérdida de la biodiversidad y la degradación de los recursos naturales. Por lo tanto, las capacidades para la valoración, el estudio y la observación sistemática y la evaluación de la biodiversidad deben ser reforzadas tanto en el ámbito nacional como regional. Una iniciativa nacional y subregional apoyada por la cooperación internacional es un medio efectivo de ayudar a la protección *in situ* de los ecosistemas y a la

conservación *ex situ* de los recursos biológicos y genéticos.

Los países de la Comunidad Andina han reconocido, mediante varias Decisiones de la Conferencia de las Partes del CDB que, entre otros problemas, existe un "Impedimento Taxonómico" que impide el uso óptimo y la conservación de la biodiversidad en la Comunidad Andina y que éste entorpece la implementación del CDB. La IV Conferencia de las Partes del CDB en su Decisión IV/1D reconoció *"la urgente necesidad de disponer de información taxonómica en los países de origen, y la necesidad de los países en desarrollo de establecer colecciones nacionales y crear capacidad humana e institucional en materia de taxonomía"*. Los países de la Comunidad Andina y otras Partes del CDB reconocen la necesidad urgente de superar este impedimento.

La cuarta Conferencia de las Partes analizó en detalle el tema de la creación de capacidades taxonómicas y propuso una serie de medidas, incluyendo la formación de una Iniciativa Mundial sobre Taxonomía (GTI), para resolver el problema. Primero, en la Decisión IV/1D (Sugerencias para la Acción 1) se reconoció la importancia de establecer necesidades precisas para la creación de capacidades. En esta decisión se identificaba la necesidad de los países de realizar evaluaciones nacionales sobre necesidades taxonómicas y de vincularlas a los informes nacionales para el CDB y fue reiterado en la VI Conferencia de las Partes en el programa de trabajo de la GTI (Decisión VI/8). Tales evaluaciones de necesidades tanto a escala nacional como regional constituirán los primeros pasos fundamentales para definir las actividades prioritarias de AndinoNET. Tanto las evaluaciones de necesidades como el trabajo de las instituciones participantes en AndinoNET facilitarán la capacidad de los gobiernos de los países miembros de hacer informes nacionales para el CDB.

En las líneas de acción de la Estrategia Regional de Biodiversidad para los Países del Trópico Andino (Decisión 523 CAN, agosto de 2002), claramente se plantea la necesidad de desarrollar y fortalecer el conocimiento de la biodiversidad andina con el alcance de generar inventarios de grupos priorizados, bajo el marco de la Iniciativa Taxonómica del CDB, así como en la sistematización de la información generada. Una

reciente revisión a gran escala de la PNUD-GEF sobre las necesidades de capacidad de los países en desarrollo (la Iniciativa de Desarrollo de Capacidades, o IDC, (_____)) ha identificado en cada región, incluyendo Latinoamérica y el Caribe, la necesidad de contar con mayores capacidades taxonómicas para realizar actividades que son esenciales para el desarrollo sostenible, como lo son el monitoreo y la evaluación de ecosistemas. La IDC reconoce que la taxonomía es en general una alta prioridad en cuanto a desarrollo de capacidades; y que algunos países aún carecen de la "masa crítica" de expertos y materiales de referencia taxonómicos que se requieren para una gestión exitosa de la biodiversidad.

En los países desarrollados, la falta de inversión está conduciendo a una disminución en el número de expertos en taxonomía y a instalaciones con una mantenimiento deficiente, reduciendo la capacidad de estos países de proveer la necesaria base científica para la formulación de políticas sobre desarrollo sostenible. Se requiere invertir en la formación de científicos jóvenes en el área de taxonomía y también en la colaboración con otros campos científicos relevantes (incluyendo la bioinformática) para apoyar la distribución de la experiencia interregional y para mantener los niveles de capacidad científica. El fortalecimiento de la taxonomía de nuestra región va a contribuir a suplir la creciente deficiencia de los países desarrollados.

Otro factor ampliamente reconocido que impulsa la necesidad de una autosuficiencia regional en cuanto a taxonomía, es la creciente dificultad que los países en desarrollo experimentan para obtener servicios taxonómicos desde instituciones expertas del mundo desarrollado. El costo es un obstáculo importante: las instituciones del mundo desarrollado ya no están completamente subsidiadas por sus gobiernos y en consecuencia cobran por sus servicios taxonómicos a precios que generalmente son demasiado altos para los países en desarrollo. Un obstáculo adicional, es la limitada capacidad de las instituciones expertas en los países desarrollados. Los principales centros mundiales de taxonomía se encuentran inundados de solicitudes de identificación provenientes de sus propios programas ambientales nacionales, y de las actividades de biodiversidad internacional en las que sus países

participan. En consecuencia, los países en desarrollo no sólo adolecen de una gran carencia en sus propias capacidades taxonómicas para apoyar sus programas de desarrollo, sino también de oportunidades de obtener tales servicios en algún otro lugar.

En estas circunstancias, la solución obvia al problema de servicios taxonómicos deficientes en los países en desarrollo, es que ellos logren la autosuficiencia y la independencia en este campo de la manera más rápida y barata. Es mucho más factible un enfoque mediante el cual los recursos de un país son compartidos por un grupo de naciones que trabajan en red. Un mecanismo de probada efectividad para un enfoque de colaboración a nivel regional existe en la forma de las denominadas Redes de Cooperación Técnica (TCN), desarrolladas e implementadas con éxito por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). La autosuficiencia taxonómica en países en desarrollo puede lograrse de mejor manera mediante la capacitación, la entrega de recursos a las instituciones taxonómicas existentes, y una acelerada introducción de nuevas tecnologías y destrezas apropiadas desde los centros expertos a los grupos de instituciones en los países en desarrollo dentro de las Redes de Cooperación Técnica.

BioNETINTERNATIONAL fue concebida para satisfacer esta particular necesidad mediante el establecimiento de TCN regionales denominadas LOOPS (Asociaciones Organizadas y Operadas en forma Local).

Los países del CDB también han reconocido el importante papel desempeñado por las redes subregionales, como AndinoNET, en la creación de capacidades al refrendar (mediante la Decisión COP III/10) la recomendación II/2 de la II SBSTTA respecto de creación de capacidades: *"deberían establecerse o fortalecerse instituciones nacionales y regionales y redes subregionales y potenciarse los vínculos con las instituciones taxonómicas de los países desarrollados y en desarrollo"*. En la decisión VI/8 de la VI COP, las Partes consideraron *"el desarrollo de capacidad a los niveles nacional y regional como una fuerza impulsora para la aplicación del programa de trabajo propuesto"* [de la Iniciativa Mundial sobre Taxonomía], y pedía de todas las Partes y gobiernos que *"Inicien la creación*

de redes nacionales y regionales para prestar asistencia a las Partes respecto de sus necesidades en materia de taxonomía para la aplicación del Convenio sobre la Diversidad Biológica". Por lo tanto, la estructura propuesta y los programas de trabajo de AndinoNET están diseñados para prestar asistencia a los países de la subregión en la creación de la capacidad taxonómica necesaria para el desarrollo, incluyendo la implementación de las Decisiones de las Conferencias de las Partes.

Las LOOP de BioNET-INTERNATIONAL intentan no sólo trabajar estrechamente con las iniciativas mundiales y subregionales relevantes, sino también proveer de un punto central subregional y puntos focales centrales nacionales por medio de los cuales todas esas actividades operen. AndinoNET se esforzará para trabajar con y entregar apoyo taxonómico a iniciativas y programas mundialmente reconocidos, como el Programa Mundial sobre Especies Invasoras (GISP), la Iniciativa Internacional de Polinizadores (IPI), la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MA), la Oficina de Información sobre la Biodiversidad Mundial (GBIF) y el Mecanismo de Intercambio de Información del CDB (CHM), y otros. De manera subregional, AndinoNET buscará construir relaciones de apoyo para evitar la duplicación de esfuerzos de diversas iniciativas, incluyendo por ejemplo a: TROPICOS, UICN, IABIN, BioMap, Ecoport y FishBase.

La Estrategia Regional de Biodiversidad para los Países del Trópico Andino (Decisión 523 CAN, agosto de 2002) identifica la cooperación técnica e institucional, como herramientas fundamentales que provean el sustento para la implementación exitosa de la estrategia. La cooperación técnica se cita como la impulsora en la implementación de procesos regionales prioritarios. Más aún, la Estrategia establece que *"dado que la región andina se caracteriza por su heterogeneidad y distintos niveles de avance y desarrollo, es necesario que las diferentes organizaciones cooperen e intercambien experiencias y capacidades para fortalecer debilidades y cubrir vacíos en la aplicación de la ERB y de su Plan de Acción"* en particular, se reconoce el valor de herramientas tales como las Agencias de Cooperación Temática, redes de especialistas - incluyendo "Iniciativas en Taxonomía" - y redes académicas. Un buen ejemplo de una aplicación práctica de esta área es el punto 9.1 de la

Estrategia Regional que establece: *Para desarrollar cualquier estrategia conducente al control o seguridad en el manejo de especies exóticas, es necesario primero adquirir un conocimiento sobre estas especies en toda su magnitud. Es por eso la importancia de hacer inventarios que contemplen su taxonomía, biología, distribución, usos actuales y potenciales, daños que ocasionan (actuales y potenciales) y toda información que pueda ser relevante.* Como tal, la LOOP de AndinoNET está hecha a la medida para satisfacer las necesidades taxonómicas específicas de sus países miembros así como para abordar las prioridades de desarrollo subregional.

El Taller de Formulación AndinoNET se realizó en Maracay, Aragua Venezuela, entre el 14 y el 18 de octubre de 2002. Los organizadores del taller fueron el Museo del Instituto de Zoología Agrícola Francisco Fernández Yépez (MIZA), y la Secretaría Técnica de BioNET-INTERNATIONAL. Al Taller asistieron un total de 25 participantes, con representantes de cada uno de los países miembros potenciales de AndinoNET, es decir: Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela; dos expertos vinculados con la Secretaría Técnica de BioNET-INTERNATIONAL, Reino Unido; un Funcionario del Programa de la Iniciativa Mundial sobre Taxonomía (GTI) de la Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) de Montreal (Canadá); y representantes de Cuba, Conservation Internacional, BioMap, INBio, IABIN y GISP. Los costos del taller fueron financiados con fondos de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (SDC) y la Universidad Central de Venezuela.

Los objetivos generales del Taller fueron:

- (1) formular una propuesta detallada para el establecimiento de una Red de Cooperación Técnica (TCN) y la creación de capacidades taxonómicas en la Comunidad Andina; con atención particular a satisfacer las necesidades de la región señaladas por la Estrategia Regional Andina sobre Biodiversidad, aprobada por la Comunidad Andina de Naciones en julio de 2002.
- (2) debatir y alcanzar consensos respecto a las estructuras TCN para fortalecer de mejor manera la creación de capacidades, la colaboración y el

- trabajo en redes entre países miembros y sus instituciones relevantes.
- (3) desarrollar un plan estratégico para la creación de capacidades taxonómicas regionales con el fin de satisfacer las necesidades de los programas nacionales de desarrollo sostenible y la Estrategia de Biodiversidad y Planes de Acción nacionales y regionales, incluyendo:
- (4) el desarrollo de una visión conjunta para reunir, compartir y optimizar expertos, la información, los registros, las colecciones, la infraestructura y las tecnologías regionales para elevar el nivel de la capacidad taxonómica de la región; y
- (5) la elaboración de programas de trabajo que satisfagan las necesidades identificadas de desarrollo de la capacidad taxonómica regional y nacional, y de planes de gestión de la biodiversidad; incluyendo el apoyo necesario para la implementación de los convenios ambientales internacionales, como por ejemplo el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC) y otras iniciativas como el Programa Mundial de Especies Invasoras (GISP).

Los representantes nacionales de cada uno de los cinco países postulantes a ser parte de AndinoNET presentaron informes nacionales sobre el estado actual de los recursos taxonómicos en cada país, los cuales pueden verse en <http://www.bionet-intl.org/andinonet/>

Conociendo la necesidad de optimizar el uso de los recursos y de la experticia taxonómica, y de compartir la capacidad taxonómica nacional y poniendo sus recursos de infraestructura, así como los recursos materiales y humanos a disposición de todos los países miembros mediante acuerdos recíprocos, los asistentes al Taller en forma unánime recomendaron el establecimiento de la Red de Cooperación Técnica para la Región Andina, que será conocida como AndinoNET, la LOOP de BioNET-INTERNATIONAL para la Comunidad Andina. Los participantes del Taller recomendaron en forma unánime al Museo del Instituto de Zoología Agrícola Francisco Fernández Yépez, para ser el Instituto Coordinador de la Red (NECI). Cada país miembro también estuvo de acuerdo en presentar su nominación para un Instituto Nacional de Coordinación (NACI) y en entregar una lista de las

Instituciones Nacionales (NI) que habían acordado participar en la red durante las consultas nacionales previas o posteriores al Taller de Formulación.

Los objetivos, programas de trabajo, membresía, estructura, gestión y coordinación de AndinoNET y los mandatos del Comité Coordinador de la LOOP, NECI, NACI y los NI fueron analizados, identificados y descritos. La red funcionará como una "Asociación Organizada y Operada en forma Local" o LOOP de BioNET-INTERNATIONAL, donde todas las decisiones respecto de prioridades, actividades y operaciones son tomadas por los representantes de los países miembros que componen el Comité de Coordinación de la LOOP, el nivel ejecutivo de la red.

Se redactaron estos cinco Programas de Trabajo para abordar las necesidades prioritarias de cada país y la Comunidad Andina en su conjunto:

- a) Servicios de Información y Comunicación;
- b) Desarrollo de Recursos Humanos (Capacitación);
- c) Conservaduría, Mantenimiento y Fortalecimiento de Colecciones;
- d) Desarrollo y Aplicación de Tecnologías y Herramientas Apropiadadas; y
- e) Establecimiento y Sostenibilidad del NECI y la LOOP.

Prioridades de los países de la comunidad Andina

El Taller de Formulación de la LOOP de AndinoNET, identificó diez necesidades prioritarias a ser abordadas antes de que la región pueda considerarse razonablemente independiente en materia de taxonomía. Esta evaluación inicial de las necesidades prioritarias es consistente con la falta de capacidad que se reconoce como parte del "Impedimento Taxonómico" para la implementación del CDB. Una identificación en mayor profundidad de las medidas detalladas y específicas que conducirán hacia el desarrollo más redituable de la autosuficiencia taxonómica en la región requiere una minuciosa evaluación de necesidades tanto a escala

nacional como regional (como se explica en la Decisión COP IV/1D, Decisión COP V/9 y Decisión COP VI/8). Esta evaluación identificaría las necesidades específicas de los usuarios y permitiría elaborar las prioridades nacionales de infraestructura, recursos humanos y nuevas tecnologías en materia de taxonomía. A escala regional, tales evaluaciones permitirán la identificación de opciones para lograr economías de escala mediante la reunión, optimización y distribución de los recursos, una meta que puede ser facilitada de manera más efectiva mediante el total funcionamiento de una TCN como AndinoNET.

De relevancia para los países de la Comunidad Andina es la decisión COP V/23 "*Examen de opciones para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en los ecosistemas de zonas secas, mediterráneas, áridas, semiáridas, de pastizales y de sabanas*". En ésta, las Partes establecen un programa de trabajo sobre tales ecosistemas, teniendo en cuenta los estrechos lazos entre pobreza y pérdida de diversidad biológica en estas áreas. En el párrafo 3 de la decisión, se exhorta a las Partes, países y organizaciones internacionales y regionales, grupos importantes y otros órganos competentes a "*que lo apliquen, apoyen científica, técnica y financieramente sus actividades [del programa de trabajo] a nivel nacional y regional y fomenten la cooperación entre países situados en regiones y subregiones que compartan biomas similares*". Las extensas regiones de sabana, desierto y arbustos xerofíticos en los países de la región se beneficiarían de un enfoque cooperativo multinacional. En la Decisión VI/4 de la VI Conferencia de las Partes sobre tierras áridas y sub-húmedas, la COP recomendó a las partes que "*aumenten las sinergias respecto de la aplicación de ése y otros programas de trabajo temáticos del Convenio*".

Dentro del Programa de Trabajo de diversidad biológica marina y costera establecido en la Decisión COP IV/5, se afirma como parte del Objetivo Operacional 6.2 que "*debería prestarse especial atención a las perspectivas regionales y al establecimiento de centros regionales de conocimientos de taxonomía, así como a las actividades en la esfera de la taxonomía de otros programas, organismos e instituciones intergubernamentales pertinentes*". La Decisión COP

III/10 en su endorse de la recomendación SBSTTA II/1, reconoció la necesidad de indicadores para ecosistemas marinos y costeros, notando en particular los sistemas de manglares, los cuales también son señalados en el programa de trabajo de GTI (PoW). Este programa de trabajo establece en este contexto que *“los datos taxonómicos también asistirán en la selección de sitios para establecer áreas protegidas y para la valoración de recursos”*.

La biodiversidad de la montaña es claramente un tema de importancia para la región. Esta área temática del CDB se desarrollará mediante una decisión de la VII Conferencia de las Partes. La GTI debe, como parte de su mandato, apoyar sus programas de trabajo en todas las áreas temáticas, incluyendo la diversidad de la montaña. En el programa de trabajo de la GTI, la actividad planeada número 13 sobre diversidad biológica de la montaña hace notar que el mecanismo coordinador de la GTI podría desempeñar un papel importante para definir de manera proactiva las necesidades taxonómicas relacionadas con esta actividad temática planeada (Decisión COP VI/8). Además, se ha acordado un formato para un informe temático sobre ecosistemas montañosos en la VI Conferencia de las Partes (Decisión VI/25), para prestar asistencia en la evaluación del estado de la implementación en la VII Conferencia de las Partes. En éste se incluye la pregunta *“¿Ha identificado su país las necesidades taxonómicas para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica de ecosistemas de montañas?”*.

De acuerdo a la Estrategia Regional de Biodiversidad para los Países del Trópico Andino (Decisión 523 CAN, agosto de 2002), el manejo, monitoreo y evaluación de áreas protegidas son de considerable importancia dentro de la Comunidad Andina. El manejo de áreas protegidas continúa siendo el instrumento más ampliamente usado para la conservación de ecosistemas y especies (sección 2.1.3). La CDB considerará las áreas protegidas en las reuniones futuras del SBSTTA y COP en 2003 y 2004 respectivamente. El programa de trabajo de GTI específica que esta actividad será desarrollada a continuación de estas reuniones.

Necesidades Regionales Prioritarias

1. Integración de la taxonomía con otros sectores y redes para el desarrollo sostenible

La taxonomía y los taxónomos deben ser el primer recurso para la solución de los problemas que surgen en los procesos investigativos y deben contribuir con su conocimiento básico a la adopción de medidas de tipo práctico. El aporte de los taxónomos es de vital importancia para la implementación nacional del CDB (Decisión COP III/10; Decisión COP IV/1D; Decisión COP V/9; Decisión COP VI/8), de otras convenciones relacionadas (como la IPPC), de iniciativas internacionales como la GISP, GBIF, PGRFA, MA y de la Estrategia Regional de Biodiversidad para los Países del Trópico Andino (Decisión 523 CAN, agosto de 2002). Este aporte es requerido de igual manera para la implementación de estrategias de desarrollo regional y nacional y de la Iniciativa de Desarrollo de Capacidades del PNUD-GEF.

Los taxónomos deben tener más información acerca de este tipo de iniciativas y, donde sea apropiado, participar en ellas, y los programas de desarrollo nacional y de gestión de la biodiversidad deben comunicar de manera más efectiva sus necesidades en cuanto a herramientas y servicios taxonómicos a las instituciones taxonómicas. Se deben fortalecer los vínculos entre la comunidad taxonómica y los puntos focales nacionales para el CDB, así como con otras iniciativas similares.

2. Accesos y oportunidades para el financiamiento

Como se ha reconocido a escala mundial, las herramientas taxonómicas necesarias para lograr un desarrollo sostenible sólo pueden ser desarrolladas si existe suficiente financiamiento para mantener recursos humanos calificados y colecciones biológicas. Por lo tanto, la taxonomía tiene la urgente necesidad de un financiamiento mayor y sostenido a largo plazo proveniente de diversas fuentes, incluyendo los gobiernos, las organizaciones internacionales y ONGs,

con el propósito de apoyar la producción de las herramientas y la formación de taxónomos necesarios. Como ejemplo, muchas instituciones y centros de investigación no cuentan con el financiamiento adecuado para crear puestos de trabajo y atraer a jóvenes graduados. En los casos en que se cuenta con financiamiento nacional e internacional, en ocasiones existen serios impedimentos para acceder a ellos, incluyendo una falta de claridad y difusión de los mecanismos.

3. Recursos humanos: Opciones de capacitación y empleo

La Decisión III/10 de la III Conferencia de las Partes refrenda la recomendación II/2 de la II Reunión de la SBSTTA respecto a la creación de capacidades: *“es necesario proporcionar posibilidades de empleo. Es urgente que las Partes tengan en cuenta esta necesidad y la incorporen en el programa de creación de capacidad”*. La necesidad de formar un número adecuado de taxónomos, en especial taxónomos jóvenes, es urgente en la Comunidad Andina. También está la necesidad de desarrollar un programa de capacitación para curadores, técnicos y personal de apoyo en el campo de la taxonomía. El nivel de capacidad es limitado y afecta la capacidad de realizar las tareas de inventario de biodiversidad, como lo exige el CDB (Decisión COP III/10). Abordar el tema de la carencia de destrezas requiere por ejemplo, del fortalecimiento del currículo de taxonomía en las universidades, la retención de los puestos de taxonomía y el establecimiento de un mecanismo de incentivos para atraer a los estudiantes a la profesión de taxónomo. En general, y en lo que constituye un hecho muy común a escala mundial, la mayor deficiencia en cuanto a conocimientos se centra en los organismos inferiores como insectos, hongos, y microbios del suelo, las especies fundamentales que impulsan los procesos del ecosistema, como la rotación de los nutrientes del suelo y la polinización, y que constituyen las principales causas de pérdidas agrícolas. La posibilidad de desarrollar programas regionales con la participación de todos los países andinos y sus vecinos, para la obtención de maestrías y doctorados en la taxonomía de varios grupos de

organismos, pudiese ser una alternativa interesante de estudiar. Por ejemplo sería interesante la creación de un Postgrado Regional de Entomología, con una sede rotativa y con la participación de los países andinos, y con la colaboración de países amigos, los cuales reforzarían el personal necesario en áreas en donde no se tenga experiencia en la región.

Adicionalmente, las instalaciones donde se alojan las colecciones requieren de profesionales para administrar y mantener las colecciones biológicas esenciales y otros materiales de referencia. Es también prioritario entregar un programa de capacitación sobre identificación de organismos de importancia para el trabajo que realizan los funcionarios en las aduana y estaciones cuarentenarias.

4. Consolidación de las instalaciones que alojan las colecciones

La CDB, en su Decisión IV/1D de la IV Conferencia de las Partes, Decisión V/9, 2C de la V Conferencia de las Partes y Decisión VI/8 de la VI Conferencia de las Partes, reconoce como importante a los ‘Centros Nacionales de Referencia Taxonómica’ para asegurar la gestión eficiente y el acceso a colecciones biológicas y a información de la Comunidad Andina. Tales centros de referencia podrían ser museos nacionales u otras instituciones que los países involucrados estimen apropiadas. Por ejemplo, en Venezuela y bajo el apoyo financiero del Fondo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (FONACIT), perteneciente al Ministerio de Ciencia y Tecnología; se está desarrollando la creación del Centro Referencia de Artrópodos (CNRA). Este Centro es una estructura virtual, conformada por las siete instituciones más importantes en cuanto a capacidades taxonómicas en artrópodos se habla, y es coordinada por una de ellas, la cuál fue elegida por votación entre sus miembros. Su filosofía se basa en el de trabajo en Red de Cooperación Técnica, compartiendo las “fortalezas taxonómicas” de cada una de ellas, para así cubrir sus “debilidades” en esa área, ante las consultas para identificación que reciben. El uso de tecnologías de punta, basadas en herramientas electrónicas y uso de la plataforma WWW, serán un componente fundamental de este proyecto. Si este proyecto prueba

ser de utilidad, ¿No podríamos intentar desarrollar algo similar en el resto de los países que conforman AndinoNET, y luego tratarlos de integrar en un Centro Andino de Referencia de Artrópodos (CARA)? Este aspecto sería algo muy interesante de analizar y tratar de desarrollarlo, ya que podría tener gran impacto en la Región.

La evaluación de necesidades nacionales y subregionales puede facilitar la identificación del nivel de instalaciones nacionales que cada país necesita. Las colecciones existentes requieren actualización y ampliación en la infraestructura debido a que la mayoría se mantienen en instalaciones que son insuficientes para el almacenamiento a largo plazo del material biológico y en la mayoría de los casos no fueron diseñados para ese fin.

5. Mecanismos que promueven la colaboración científica

La taxonomía es una actividad internacional e interdisciplinaria y como toda actividad científica, depende del acceso a las personas, materiales, datos y publicaciones que se encuentran repartidos entre diferentes instituciones y más allá de las fronteras del país. Por ejemplo, la introducción de especies invasoras foráneas y la transferencia de recursos genéticos son por definición problemas internacionales y multilaterales. En particular, la Comunidad Andina necesita apoyar una mayor cooperación internacional en el intercambio de la información, la capacitación de taxónomos y en estudios sobre la biodiversidad, los ecosistemas y la protección ambiental. La LOOP, no sólo entre los países miembros, sino también mediante su vínculo con el resto de la Red Mundial de BioNET-INTERNATIONAL, resulta un mecanismo muy apropiado para facilitar la colaboración y los vínculos internacionales. El fomentar proyectos internacionales e interdisciplinarios podrían arrojar resultados muy interesantes, y en Latinoamérica hay varios ejemplos, como el desarrollado por INBio con resultados muy positivos. En la mayoría de los casos existe mayor de posibilidad de éxito para que un proyecto sea aprobado, cuando este está constituido de manera interinstitucional y es interdisciplinario. Además, este tipo de proyectos en general aporta una mayor información, que aquellos

6. Fortalecimiento y desarrollo de instalaciones y equipos

La autosuficiencia de la Comunidad Andina, también requiere el fortalecimiento y desarrollo de instalaciones y equipos adecuados para investigaciones taxonómicas. Para esto los gobiernos, a través de sus instituciones ejecutoras, deberían apoyar el fortalecimiento de las infraestructuras museológicas, herbarios y colecciones, como parte de sus Estrategias Nacionales de Diversidad Biológica. Conseguir el apoyo de organismos internacionales y ONGs debería ser parte fundamental de una estrategia que nuestros países implementen, particularmente por la carencia de fondos disponibles para estos fines, por las serias crisis económicas por las que atraviesan algunos de nuestros gobiernos. Aquí tan bien hay convencer a nuestros gobiernos que existe la necesidad de invertir en estos aspectos, ya que así habría mayor posibilidad de conseguir recursos adicionales externos, ya que los entes internacionales ven que existe preocupación real por parte de los países solicitantes y no una simple petición de fondos para ser invertidos en otras áreas diferentes a las solicitadas, como ocurre en muchas oportunidades.

7. Fortalecimiento de bibliotecas especializadas

Por lo general las instituciones en la Comunidad Andina no tienen un acceso adecuado a textos de referencia tales como monografías y publicaciones regionales e internacionales. Por esto es necesaria la actualización, adquisición y acceso a material bibliográfico. La posible interconexión de las bibliotecas especializadas dentro de cada país y entre países podría ser una opción interesante de analizar. En momentos de serias crisis económicas como las que vivimos en muchos de nuestros países, resultaría poco lógico que dentro de un mismo país, se invirtiese en la compra o suscripción de una misma y costosa revista u otro tipo de material bibliográfico, para dos bibliotecas de ese mismo país. Sería más lógico que se implementarán los préstamos inter.-bibliotecas y así hacer accesible dicha revista a los posibles usuarios, que en el caso de material taxonómico, no tiene tanta demanda como en otras áreas.

Otro aspecto interesante a desarrollar dentro de nuestros países, sería el de tratar de colocar en bancos de datos, la información bibliográfica contenida en las bibliotecas particulares de nuestros investigadores. Como sabemos, muchos taxónomos invierten grandes sumas de dinero de manera privada para la adquisición de material bibliográfico, y este muchas veces solo se encuentra en dichas bibliotecas. ¿No sería posible que aquellos investigadores que estén dispuestos a colaborar en esta idea integrasen una "Red de Compartidores de Literatura Científica" y lograsen el préstamo condicionado de sus materiales bibliográficos? Este proyecto sería claramente de manera voluntaria y con el claro objetivo de que suplamos nuestras deficiencias mutuas de bibliografía, con la de los compañeros que si la tengan. Esta idea se tratara de poner en ejecución como parte del proyecto del Centro Nacional de Referencia de Artrópodos que se adelanta en Venezuela, por lo que sería interesante revisar los alcances logrados.

8. Administración de la información y bases de datos electrónicas

Algunas herramientas electrónicas han sido desarrolladas en una minoría de institutos de la Comunidad Andina pero se requieren inversiones significativamente mayores para establecer bases de datos que faciliten el acceso a la apropiada información y la pongan a disposición de los usuarios en la Comunidad Andina. La conexión a Internet y el mayor acceso a los datos de las colecciones acelerarán la creación de capacidades taxonómicas en la Comunidad Andina. Mediante la participación en iniciativas tales como TROPICOS, IABIN, BioMap, Ecoport, FishBase y la GBIF, se facilitará el intercambio de datos con la comunidad mundial taxonómica y de biodiversidad, lo cual ayudará a aumentar la capacidad de las instituciones taxonómicas en la Comunidad Andina. Aquí nuevamente se impone la necesidad de trabajar en redes y siempre hay que pensar que para que esto funcione, debe existir ante todo, la reciprocidad. Hay que poner nuestra información para que otros den su información. Un proyecto que luce bastante interesante de desarrollar, sería el de recabar toda la información

sobre un determinado grupo o grupos de interés taxonómico o agrícola, tales como por ejemplo Los Crambidae (Lepidoptera) de la Región Andina, o "Plagas de los Principales Cultivos de la Región Andina", por solo nombrar dos posible tópicos. En la Región Andina ya existe alguna experiencia en el desarrollo de este tipo de "productos de información o conocimiento".

9. Mecanismos para facilitar el intercambio de ejemplares e información

En todos los países de la Comunidad Andina una proporción de los especímenes obtenidos dentro de las fronteras nacionales se encuentra en institutos ubicados en otros lugares, tanto dentro de la misma región como en otras latitudes. La falta de estos especímenes de referencia y/o la información asociada a ellos, representa un obstáculo significativo para un trabajo taxonómico efectivo dentro de la Comunidad Andina. La formalización de acuerdos para facilitar el préstamo e intercambio de especímenes y acceder a la información entre los países ayudará a superar esta falta de acceso al material y permitirá la repatriación de la información asociada. (Decisión COP III/10. Además, el trabajo de AndinoNET probablemente involucrará el traslado de especímenes a través de fronteras nacionales. Los acuerdos entre países serán de ayuda en este proceso, tomando en cuenta las directrices sobre Acceso y distribución de beneficios en la Decisión VI/24 de la VI Conferencia de las Partes y considerando en particular el párrafo 11(I) de las Directrices de Bonn: *"No debería impedirse la investigación taxonómica, según lo especificado en la Iniciativa Mundial sobre Taxonomía, y los proveedores deberían facilitar la adquisición de materiales para uso sistemático y los usuarios deberían ofrecer toda la información asociada a los especímenes así obtenidos"*. El párrafo 16(b) de las directrices menciona que *"Deberían establecerse términos y condiciones especiales mutuamente convenidos con miras a facilitar la investigación taxonómica para fines no comerciales"* y el párrafo 34 *"El consentimiento fundamentado previo debería basarse en los usos concretos para los*

que se concede. Aunque puede concederse inicialmente el consentimiento fundamentado previo para usos concretos, cualquier cambio de utilización, incluida su transferencia a terceras partes, puede requerir una nueva solicitud de consentimiento fundamentado previo. Deberían estipularse claramente los usos permitidos y debería requerirse un ulterior consentimiento fundamentado previo para cambios o usos imprevistos. Deberían tomarse en consideración las necesidades específicas de investigación taxonómica y sistemática, según lo especificado por la Iniciativa Mundial sobre Taxonomía."

Hay que hacer un fuerte trabajo con los organismos que a nivel nacional implementan las políticas sobre las regulaciones que controlan el movimiento de material científico, ya que en algunos casos existe una fuerte burocracia, que retarda mucho la ejecución de muchos proyectos y en algunos casos, han sido los culpables que proyectos internacionales no pudiesen ser realizados. Muchos funcionarios que tienen la función de velar por la conservación de nuestros recursos naturales, ven a los investigadores no como aliados, sino como "malhechores" a los que hay que perseguir y dificultar su trabajo, por lo que hay que hacer una fuerte campaña educativa para cambiar este comportamiento.

10. Divulgación de la información taxonómica

Muchos trabajos taxonómicos generan productos científicos derivados del conocimiento sobre la diversidad biológica en la Comunidad Andina, pero no son adecuadamente difundidos. En los países de la Comunidad Andina es necesario dar a conocer esos resultados para ampliar el espectro del conocimiento (por ejemplo mediante catálogos, claves pictóricas, listas anotadas, y manuales de especies cuarentenarias) y facilitar su aplicación hacia diferentes actividades tanto agrícolas, de salud pública y animal, como para la conservación y desarrollo sostenible de los recursos biológicos. Las instituciones y los especialistas toman ventaja de la LOOP para la difusión amplia y la multiplicación de los conocimientos, particularmente en cuanto a datos referidos a especies comunes en la

región y su estado de conservación prioritario de ser atendido. (Artículo 17(2) y COP IV/1D anexo párrafo 6 COP III/10 apéndice 2 párrafo 8 y 10(d)).

Buena parte de esta información podría divulgarse de manera electrónica (discos compactos, disquetes, y/o colocándolos en Internet), lo que abarataría los costos de publicación, especialmente cuando hay un buen número de ilustraciones a color, lo que sería muy costoso para publicarlo de la manera tradicional impresa en papel. El colocar esa información de manera gratuita o a costos muy bajos debe ser parte de las políticas a implementar, teniendo siempre presente que mucha de la información necesaria para su producción fue obtenida usando fondos públicos y de allí que los contribuyentes tienen el derecho a recibirla de manera gratuita. ¿Qué sentido sería lograr este tipo de productos de información y luego ponerlos a la venta a precios que no serán accesibles por la gran mayoría de los posibles usuarios? Esto hay que pensarlo muy bien y hacer presión para que sea ampliamente en nuestros países.

Fortalezas de la región Andina en referencia a la taxonomía

En la Región Andina existen un buen número de instituciones que conservan valiosas colecciones biológicas, en donde sobresalen las presentes en Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, las cuales suman varios millones de ejemplares bien conservados. Una característica que es común a muchas de estas colecciones es que están principalmente asociadas a instituciones de Educación Superior, situación considerada por muchos como de gran fortaleza para el mantenimiento de las mismas, ya que los taxónomos que trabajan en estas son parte de su personal docente, lo que hace necesario mantenerlo no por el hecho de que investiguen en taxonomía, sino por que atienden una matrícula estudiantil definida, tanto a nivel de pre como postgrado, y en muchos casos dicha matrícula se mantiene constante en el tiempo, por lo que siempre son necesarios. Por las mismas condiciones de estas instituciones de educación superior, muchos de sus

académicos necesitan poseer formación de cuarto nivel para poder ingresar a estas, lo que ha llevado que en la última década, el número de profesionales con nivel de maestría o doctorado se haya incrementado notablemente en la Región Andina. Si nosotros logramos integrar dentro de nuestros países las capacidades de estos centros de educación superior con las instituciones no educacionales, públicas y privadas (estas últimas de gran importancia), que hacen investigación taxonómica y crear el “**Sistema Nacional de Colecciones Biológicas**”, habremos construido una plataforma más adecuada y eficiente para afrontar el estudio de nuestra biodiversidad.

Finalmente, es necesario ver el futuro de la investigación taxonómica en nuestra región de una manera optimista, ya que contamos con una “masa crítica” de gran importancia, en donde una nueva generación de taxónomos junto con los “viejos” estamos seguros que tomarán la responsabilidad de seguir con esta ardua labor, siempre y cuando cuenten con el apoyo tanto gubernamental como privado, para llevar adelante una investigación que es fundamental, y que si la cuál no podrá haber una utilización sostenible de nuestros inmensos y diversos recursos naturales. Si no conocemos que tenemos, usarlo será una tarea muy difícil y llena de incertidumbres.

Introducción de Yuca Transgénica con Resistencia a Insectos en Colombia: Análisis de las Ventajas y Riesgos Potenciales

Paul Chavarriaga-Aguirre,

Asociado de Investigación, Proyecto de Agrobiodiversidad y Biotecnología, Centro Internacional de Agricultura Tropical, AA 6713, Cali, Colombia, _____

Estas memorias son una traducción al español, con modificaciones, del texto del capítulo "Case study: meeting Colombian agricultural needs through biotechnology", escrito por P. Chavarriaga, D. Pachico y J. Tohme, que próximamente aparecerá publicado en el libro "Forging links: Southern perspectives on biotechnology and trade" por el *International Center for Trade and Sustainable Development* (ICTSD, _____).

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae) es una planta de origen suramericano que se extendió hacia los trópicos del viejo mundo en el siglo 16. Desde entonces el cultivo de la yuca se ha vuelto económicamente importante en los países en desarrollo, principalmente por su tolerancia a la sequía y a los suelos pobres y ácidos. En el Africa, las raíces frescas constituyen un alimento primordial, como también son un producto de intercambio comercial entre países a nivel regional. En Tailandia, Vietnam e Indonesia, la yuca seca es un producto de exportación, mientras en Colombia y Brasil la yuca es producida principalmente para consumo interno. La importancia de la yuca como fuente de energía barata —es la cuarta fuente más importante del mundo— amerita la aplicación de la biotecnología para mejorar la calidad nutricional del germoplasma, como también algunas características para enfrentar el estrés biótico y abiótico. En este resumen se presenta el caso específico del mejoramiento de la yuca a través de transformación genética para incorporarle resistencia a insectos plaga de importancia en Colombia, haciendo un análisis de las ventajas y los riesgos potenciales que supondría la introducción de yuca transgénica en la agricultura Colombiana.

Comercialización Internacional de la Yuca y sus Derivados

Debido a que el deterioro fisiológico y bacteriano de las raíces de yuca se inicia inmediatamente después de la cosecha, solamente los productos secos como las hojuelas, la harina o las tortillas secas (pan de casabe) son de valor para el comercio internacional de la yuca. El valor total del comercio internacional de yuca fresca (las raíces frescas) no excede el millón de dólares al año, y ocurre casi exclusivamente en Africa (FAO, 2002). Ocasionalmente hay intercambio de yuca fresca entre Vietnam del norte y China. En general, el intercambio internacional de raíces frescas de yuca no es significativo.

La yuca seca ha dominado el mercado internacional de los derivados de yuca. Al principio de la década de los 90, más de diez millones de toneladas de yuca seca (aproximadamente 25 millones de toneladas de raíces frescas) fueron comercializadas anualmente. Se estima que el 80% de este valor correspondió al intercambio comercial entre el sur este asiático, principalmente Tailandia, y Europa (FAO, 2002). Sin embargo, las

regulaciones europeas para la importación de yuca fueron más severas para finales de los 90, lo que provocó un descenso sustancial en el intercambio internacional de yuca seca con este continente. El valor de la comercialización con Europa ha caído a menos de cuatro millones de toneladas/año, y sin embargo este continente continúa siendo el principal importador de yuca seca en el mundo.

El comercio internacional de la harina de yuca, a diferencia de la yuca seca, ha crecido de 400,000 toneladas anuales a principios de los 90 a 800,000 toneladas al final de la misma década (FAO, 2002); este último tonelaje corresponde aproximadamente a cinco millones de toneladas de yuca fresca. La mayoría de este intercambio comercial ocurre en el Asia, siendo Tailandia nuevamente el principal exportador con las $\frac{3}{4}$ partes del mercado, y China y Japón los principales importadores.

Evidencia Científica y los Riesgos Potenciales de las Plantas Transgénicas

Las plantas transgénicas, también llamados Organismos Genéticamente Modificados –OGM–, han despertado gran interés en la última década por su contribución potencial y real en la producción de alimentos a escala mundial. De la misma manera han despertado interés por los posibles riesgos que puedan representar para el medio ambiente, los ecosistemas en que son cultivadas, y para la salud humana y animal. Algunos ven gran potencial benéfico, mientras otros asocian los OGM con catástrofe (Evans 1998, Oxfam 1999). Demostrar los riesgos reales de las plantas transgénicas es una prioridad debido a la creciente demanda de las mismas en el mercado mundial. Desde su introducción en 1996, la demanda por las plantas transgénicas crece 10% anualmente, al punto que hoy hay 57.8 millones de hectáreas sembradas con ellas (James 2002).

La comunidad científica está al tanto del riesgo potencial que puedan representar las plantas transgénicas para causar daño ecológico, el cual dependerá en gran medida de los genes que ellas contengan y de las zonas donde sean cultivadas. Existen investigaciones diversas en el tema (Wolfenbarger y Phifer, 2000; Gould 1998; Shelton et al 2002; Conner

et al 2003), aunque las conclusiones para cada caso no deben generalizarse. Los mismo científicos que están al tanto del tremendo potencial benéfico de las plantas transgénicas y sus derivados, también se expresan sobre la necesidad de hacer un análisis de riesgo de las mismas: *“There is no consensus as to the seriousness, or even the existence, of any potential environmental harm from GM technology. There is therefore, a need for thorough risk assessment of likely consequences at an early stage in the development of all transgenic plant varieties”* (Royal Society of London et al, 2000; la cita aparece en inglés para minimizar interpretaciones de traducción).

Procedimientos estándar para analizar el riesgo del uso de estas plantas están emergiendo como parte de una red de regulaciones en el contexto nacional e internacional. De hecho las preocupaciones sobre los riesgos para la biodiversidad del uso de plantas transgénicas desembocaron en la adopción del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad, que actualmente se encuentra en vigencia al haber sido ratificado por 50 países. Dicho protocolo se enfoca en el movimiento transfronterizo de OGM e incentiva a los países a tener sus propias regulaciones de bioseguridad para el desarrollo interno de OGM, regulaciones que deben basarse en el criterio científico y deben ser transparentes. El análisis de riesgo debe hacerse sobre cada OGM en particular, el propósito del mismo y el ambiente en el cual será utilizado.

Colombia: Asuntos de Bioseguridad en la Comercialización de Yuca Transgénica

Para la yuca que proviene de Colombia, el movimiento transfronterizo de yuca transgénica es mínimo, por ende es poco probable que sea un motivo de preocupación de bioseguridad. Primero, lo que sabemos es que Colombia no exporta yuca fresca y sus exportaciones de yuca procesada (seca, hojuelas y harina entre otras) son modestas. Durante 1995-1999 las exportaciones promediaron las 200 toneladas/año, para un valor total de US\$ 100,000/año (FAO 2002). Aun si se exportara yuca fresca desde Colombia, las posibilidades de que la yuca transgénica producida en Colombia se reprodujera en otros ambientes (ecosistemas) serían

mínimas, pues la raíz, el órgano que más se consume de la planta, no se puede reproducir (la raíz de la yuca no es un tubérculo como la papa que si puede producir nuevas plantas). De igual manera, los productos derivados y procesados que se exportaran, no constituirían un riesgo para la biodiversidad al ser liberados al medio ambiente por no poder reproducirse.

Los riesgos para la salud animal y humana no se pueden descartar si la yuca transgénica entra en la cadena alimenticia internacional, sobretodo si sustancias novedosas como proteínas, que no sean comunes en la dieta de humanos y otras especies animales, sobreviven al procesamiento. Nuevamente, el riesgo para la salud deberá ser analizado para cada caso, es decir, para cada variedad o clon de yuca transgénica que contenga una nueva característica que sea potencialmente riesgosa para la salud, por ejemplo toxinas y alérgenos.

El material de siembra, conocido también como "semilla", pero que realmente lo constituyen las estacas o cangres (semilla asexual) podría ser movido más allá de las fronteras de cada país, especialmente si son vecinos. En la actualidad no existe intercambio internacional de semilla asexual de yuca en forma de estacas, exceptuando el que está coordinado por los bancos de germoplasma como el del CIAT y que se realiza con plantas in vitro. Sin embargo, si una variedad transgénica es atractiva para el agricultor, es muy probable que agricultores de países vecinos adquieran la variedad sin recurrir a las regulaciones estándar para el movimiento transfronterizo de variedades (transgénicas y no transgénicas). En esencia, esto representaría un riesgo de biopiratería y de incumplimiento de las normas existentes para el movimiento internacional de germoplasma.

Aun en ausencia de comercialización internacional, Colombia tendría que estimar el riesgo potencial, dentro de su sistema regulatorio, para la liberación de yuca transgénica al medio ambiente (CBD, 2000; Royal Society of London, 2000). El análisis de riesgo incluiría entre otros análisis el flujo de genes hacia otras especies parientes de la yuca, los efectos de nuevos genes, por ejemplo los genes para controlar insectos, en el ecosistema característico de las plantaciones de yuca, y efectos en la salud animal y humana.

El único riesgo obvio de bioseguridad a nivel internacional de la comercialización de yuca transgénica

y no transgénica es el envío ilegal de semilla asexual con el propósito de evadir los estándares de cuarentena. Aunque esta biopiratería no puede descartarse, el riesgo de bioseguridad más probable con la yuca transgénica proveniente de Colombia es nacional más que internacional. El uso de yuca transgénica en Colombia debe depender del análisis científico de riesgo para el medio ambiente y la salud.

Desarrollo de Yuca más Resistente a Insectos Plaga: Caso del Barrenador del Tallo (*Chilomima clarkei*)

Varias especies de barrenadores (lepidopteros y coleopteros) están presentes en el continente americano. Una de ellas, que se encuentra en Colombia, Venezuela y Brasil, principalmente, es el barrenador del tallo conocido como *Chilomima* (Bellotti, 2000), un insecto lepidoptero cuyo hospedero principal, y tal vez el único, es la planta de yuca. El insecto realiza la mayor parte de su ciclo de vida en el tallo de la planta. Las larvas jóvenes causan el mayor daño haciendo túneles que debilita y eventualmente matan la planta. Las pérdidas de rendimiento pueden alcanzar el 60% en los casos más severos (Vides et al, 1996).

Chilomima fue detectada por primera vez en las regiones yuqueras de Colombia en los años 70 (Lohr, 1983). Probablemente ingresó al país por los llanos orientales y hoy es una plaga que afecta el 85% de las zonas yuqueras en Colombia en la costa caribe, los llanos orientales y el valle del río Magdalena. La dispersión rápida de la plaga en el país se debió posiblemente al intercambio de semilla infestada, la cual aparece normal externamente, y por la capacidad del insecto adulto para volar.

El CIAT y los esfuerzos internacionales para desarrollar yuca transgénica

La investigación con transgénicos en CIAT incluye yuca, frijol, pastos y arroz. Los científicos del Centro estudian, desarrollan, despliegan y monitorean la tecnología de transformación genética, como también los productos derivados de ella, en coordinación con

los programas nacionales de investigación y los entes reguladores de bioseguridad de cada país donde la tecnología pudiera ser utilizada. Sin embargo, la mayoría del mejoramiento genético de plantas realizado en el CIAT ha sido logrado por métodos convencionales. Cuando estos métodos ofrecen pocas posibilidades de resolver problemas particulares, los científicos exploran la transformación genética como una alternativa que es parte de un programa de mejoramiento convencional más extenso, que incluye manejo integrado de plagas.

El CIAT analiza caso por caso el riesgo potencial de las plantas transgénicas que desarrolla para los trópicos. En su investigación de bioseguridad, el CIAT colabora estrechamente con programas e instituciones nacionales para determinar el efecto potencial sobre el ambiente que tendría la utilización de plantas transgénicas. El CIAT también participa del diálogo sobre temas de bioseguridad con entidades nacionales y regionales, la sociedad civil y los medios de comunicación. El CIAT en su investigación con transgénicos se adhiere a la legislación que sobre el tema tenga cada país, y al Protocolo de Bioseguridad de Cartagena.

Por qué Yuca Transgénica?

Es probable que dentro de las más de 6,000 accesiones de yuca que se encuentran en el banco de germoplasma del CIAT se encuentren genes de resistencia al barrenador del tallo. Sin embargo, entre las más de 2,000 que han sido probadas no se ha encontrado aun (Herrera y Belloti 2002, comunicación personal). Mientras tanto el barrenador sigue ejerciendo presión sobre el cultivo, haciendo necesario encontrar alternativas para su control tales como:

- Genes de resistencia varietal si los hubiere
- Control biológico que ha sido identificado (Alvarez et al, 2002; Melo, 2002; Ramírez, 2001) pero aun no explotado comercialmente, y
- Genes de acción insecticida, tipo Bt, provenientes del *Bacillus thuringiensis*, que ya han sido introducidos en maíz, algodón y soya entre otros cultivos (James 2002)

Ambos, los genes de resistencia varietal y los tipo Bt podrían integrarse en un sistema de Manejo Integrado de Plagas (MIP) para el control más efectivo del barrenador y otros lepidopteros.

Los sistemas de transformación genética de yuca están bien establecidos, son reproducibles y moderadamente eficientes para obtener plantas transgénicas (Li et al 1996; Sarria et al 2002; Schopke et al 1996). Para introducir un gen Bt (*cry1Ab*) en variedades de yuca seleccionadas por los pequeños agricultores de la costa norte de Colombia, el CIAT, CORPOICA y la Corporación para el Desarrollo Participativo y Sostenible de los Pequeños Agricultores de Colombia (PBA) colaboran en un proyecto de investigación financiado por los gobiernos de Holanda y Colombia principalmente (Ladino et al 2002). Dentro de las variedades seleccionadas, la más importante fue la venezolana (Mcol2215), la cual se adapta muy bien a las condiciones agrícolas de la zona y se ajusta a las exigencias del consumidor. Una de sus desventajas, como la de casi todas las variedades de yuca cultivadas en la zona, es la susceptibilidad al barrenador.

Obtener variedades de yuca resistentes a plagas, por mejoramiento convencional (cruzas y selección) normalmente puede tomar hasta 15 años. La yuca es una especie altamente heterocigota, con muchos alelos, lo que significa que cada variedad representa un genotipo único que prácticamente desaparece cuando se cruza con otro. Con cada cruzamiento, dos genomas completos se mezclan y producen un genotipo nuevo completamente distinto. El proceso de recuperación del genotipo original, a través de la selección cuidadosa de la progenie, consume mucho tiempo. La transformación genética puede reducir sustancialmente el tiempo requerido para obtener la variedad deseada (5 a 7 años) ya que la mayoría del genotipo original se conserva cuando se introduce uno o pocos genes dentro de los más de 50,000 genes que teóricamente componen el genoma de la yuca.

Beneficios Potenciales y Preocupaciones

Tal vez el mayor beneficio de introducir genes de resistencia al barrenador del tallo de la yuca a través de

transformación genética es la economía de tiempo para obtener variedades resistentes. El gen, o genes, no solamente enriquecerá la diversidad genética de la especie. También, teóricamente, reduciría las aplicaciones de insecticida para controlar al barrenador y a otros lepidopteros. Algunos ejemplos de estos insecticidas son Profitox®, el cual se usa contra el gusano cachón (*Erymnis ello*) y se aplica de una a cuatro veces durante el cultivo, dependiendo de la intensidad de los ataques; los insecticidas sistémicos para eliminar el barrenador de la semilla infestada y los bio-insecticidas que contiene el Bt, como Thuricide®, son normalmente costosos y/o inestables.

Algunos de los genes insecticidas de origen bacteriano se conocen normalmente como Bt o cry y se derivan de la bacteria del suelo conocida como *Bacillus thuringiensis*. Esta bacteria se conoce en el ámbito agrícola hace más de 100 años y se uso por primera vez para control biológica hace más de 40 años, sin que hasta ahora se conozcan efectos adversos para la salud humana (Nester et al 2002). Sin embargo, el efecto de la yuca transgénica, con resistencia a insectos, sobre la entomofauna asociada con el cultivo es aun desconocido. Ensayos a pequeña escala deberán realizarse con plantas transgénicas para medir dichos efectos.

Buena parte del trabajo de los mejoradores se concentra en la obtención de plantas con resistencia a insectos, virus, hongos y bacterias. Una se incorpora la resistencia en el cultivo, ésta puede perderse por mal manejo del cultivo o por la aparición de individuos con resistencia al gen o genes recién incorporados. En los USA, donde se cultivan plantas transgénicas portadoras de genes Bt, existen regulaciones que le exigen a los agricultores mantener una proporción de sus cultivos con plantas no transgénicas (conocidos como refugios) para reducir la probabilidad de aparición de insectos resistentes. Los genes para resistencia al Bt existen en poblaciones naturales de insectos, a frecuencias relativamente altas (pe., 1.5×10^{-3} en el gusano perforador del maíz en Europa, Gould 1998), las cuales pueden incrementarse si la presión de selección sobre individuos susceptibles al Bt incrementa. Para reducir esta presión de selección, y para reducir la probabilidad de que aparezca resistencia, la proporción de plantas no transgénicas

que se mantienen como refugio puede alcanzar el 20%, dependiendo del cultivo y de la severidad de la infestación en cada región. Para mayor información sobre maíz y otros cultivos, el lector puede referirse al portal de Internet <http://www.usda.gov>.

En Colombia, el ICA tiene regulaciones para la introducción, producción, liberación y comercialización de OGM (ICA 2002). En principio, el ICA autorizaría al Comité Técnico Nacional, encargado de regular los OGM, para exigir refugios en plantaciones de transgénicos si fuese necesario. Debe recordarse sin embargo que para cualquier cultivo, sea transgénico o no, las regulaciones *per se* no prevendrán la aparición de resistencias a los genes Bt, especialmente si éstas ya existen en las poblaciones de insectos y si no se manejan los cultivos con programas adecuados de MIP.

Una preocupación constante en la producción de plantas transgénicas para el beneficio del pequeño y mediano agricultor de los países en desarrollo es la restricción impuesta por los derechos de propiedad intelectual. La mayoría de los genes, con sus secuencias reguladoras, y tecnologías moleculares y celulares que se utilizan en transformación genética de yuca están sujetas a la propiedad intelectual, por lo que el producto final, que es la variedad transgénica y sus derivados, no necesariamente puede ser usado por el agricultor. Entonces, cuales son las alternativas?

Una es invertir fuertemente en la búsqueda de nuestros propios genes, secuencias reguladoras y tecnologías moleculares y celulares, que sean seguras para el ambiente y el consumidor, y que permitan la transferencia al pequeño agricultor de variedades transgénicas para las cuales éstas se haya usado. Otra opción es seguir el ejemplo del *Golden Rice* (Xudong et al 2002) donde una variedad transgénica de arroz con alto contenido de b-caroteno en el grano se ha liberado para los pequeños agricultores en la India. Este arroz puede ser cultivado, guardado y mercadeado dentro del país, siempre y cuando las ganancias del pequeño agricultor no excedan los US\$10,000 al año. El *Golden Rice* es tal vez la única variedad transgénica –mejorada en su contenido de pro-vitamina A- que se encuentra en el dominio público.

Es el Flujo de Genes un Motivo de Preocupación en Colombia para la Yuca Transgénica con Resistencia a Insectos?

El flujo o transferencia de genes entre organismos es una fuerza motora de la evolución, por ende es poco probable que el flujo de genes entre individuos de la misma especie, transgénicos o no, se pueda suprimir, aunque hay mecanismos para evitarlo (pe., eliminación de flores y esterilidad masculina). Hoy es posible eliminar secuencias transgénicas indeseables en las plantas de modo que se produzca una variedad transgénica que lleve sólo los genes de interés para el agricultor y el consumidor (Ebinuma et al 2001; Dehare and Chua 2002; Daniell 2002).

Con la aparición y el mercadeo de las plantas transgénicas, especialmente de aquellas que llevan genes de resistencia a herbicidas, el flujo de genes se ha convertido en una preocupación. Asumamos que los genes insertados en las plantas transgénicas, haciendo especial énfasis en los genes de resistencia a herbicidas, pueden transferirse a malezas emparentadas de los cultivos, convirtiendo a éstas últimas en supermalezas difíciles de controlar con los herbicidas que hoy conocemos. Cúales serían los requisitos mínimos para que esto suceda?

Un factor es la coexistencia natural de las especies en cuestión. Ambas, la transgénica y su pariente silvestre, deben cohabitar y mantener un flujo efectivo de genes. Algunos de los factores que permitirían la transferencia de genes serían la coincidencia en la floración, la viabilidad, vigor y ventaja adaptativa del híbrido. Finalmente, si todos estos factores se cumplen, la introgresión del gen transgénico en la población de silvestres sería altamente probable.

Aunque es bastante posible, el cruzamiento de la yuca con otras especies del género *Manihot* todavía está por confirmarse en el continente Americano bajo condiciones naturales. Un examen minucioso del flujo de genes entre la yuca y *Manihot glaziovii*, una especie que fue introducida en Costa de Marfil y Nigeria, revela que cruzamientos entre estas dos especies ocurren en el

Africa. Híbridos naturales han sido encontrados y confirmados mediante pruebas moleculares del ADN (Beeching et al 1993). Estos híbridos se conocen normalmente como *tree cassava* (yuca arborescente) y forman un acervo genético que se ubica entre las dos especies parentales.

En el nordeste brasilero, donde el cultivo de la yuca es extensivo, pueden cohabitar la yuca con las especies de la sección *Glaziovianae* del género *Manihot*, a la que pertenece *M. Glaziovii*. Esto sugeriría que la condición de proximidad de las especies se cumple para permitir el flujo de genes entre la yuca transgénica en esta región del Brasil.

Qué podemos aprender los que trabajamos en yuca transgénica en Colombia de los casos de flujo de genes entre la yuca y sus parientes en el continente africano? Mucho y poco. Mucho por que sabemos que existe flujo de genes entre estas especies siempre y cuando sean simpátricas, aunque la simpatria sea causada por el hombre. Poco por que en el continente americano existe una mayor variedad de especies del género *Manihot*, todas con potencial para intercambiar genes con la yuca transgénica, pero no sabemos a ciencia cierta con cual se puede establecer flujo efectivo de genes bajo condiciones de campo, como tampoco sabemos si esas especies están presentes en Colombia cohabitando con la yuca.

Las condiciones de simpatria de las especies cambian de una localidad a otra, de un país a otro. En Colombia sólo se conoce hasta el momento una especie silvestre de *Manihot*, *Manihot cartaginensis*, que ha sido reportada en las zonas aledañas a la ciudad de Santa Marta. No existe sin embargo evidencia de cruzamientos entre esta especie y la yuca que se siembra en esa región.

Para determinar si el flujo de genes entre la yuca transgénica y sus parientes del género *Manihot* es motivo de preocupación en las zonas yuqueras de Colombia, primero debemos determinar si esas especies existen en nuestro país, si son simpátricas con la yuca y si son capaces de establecer flujo de genes efectivo

bajo condiciones de cultivo. Mapear la ubicación de las especies de *Manihot* en Colombia, basándose en colectas hechas o hacer, es un buen comienzo.

Conclusiones

- Debido a las características de la yuca y su comercialización, las probabilidades de que la yuca transgénica represente un riesgo de bioseguridad medioambiental en Colombia son mínimas.
- El flujo de genes entre la yuca transgénica y la no transgénica (intraespecífico) existirá si las plantaciones de los dos tipos de yuca están dentro de las distancias de dispersión de polen (se considera que se logra aislamiento entre variedades a distancias de siembra de 100 a 500 metros). Esto podría causar preocupación entre quienes ven el flujo de genes como una amenaza para el medio ambiente, o entre aquellos que desean llevar los productos finales del cultivo a mercados que no acepten derivados de transgénicos. El grado de preocupación dependerá del tipo de gen en cuestión.
- El flujo de genes transgénicos no deseados podría eliminarse temprano, en las etapas de regeneración de plantas, utilizando técnicas moleculares adecuadas.
- Híbridos naturales probablemente existen entre la yuca y algunos de sus parientes del género *Manihot*. Como se mencionó anteriormente, es imprescindible mapear la ubicación de las especies relacionadas con la yuca con respecto a las zonas yuqueras de Colombia, antes de declarar el flujo de genes entre la yuca transgénica y sus parientes como una amenaza para el medio ambiente. Este ejercicio servirá para que las autoridades colombianas que regulan los OGM implementen o refuercen los programas de control.
- La liberación de yuca transgénica en otros países de mayor diversidad del género *Manihot* como Brasil y México, muy probablemente será bajo regulaciones más estrictas que las colombianas y dependerá, como en Colombia, de los nuevos genes que lleve la yuca transgénica.

Agradecimientos

La investigación en transformación genética de yuca en el CIAT ha sido patrocinada por la Dirección General para la Cooperación Internacional (DGIS) de Holanda, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) de Colombia y el Departamento de Desarrollo Intenacional del reino Unido. El autor agradece el soporte de estas entidades.

Referencias

- Alvarez, E et al (2002) *Guía práctica para el manejo de las enfermedades, las plagas y las deficiencias nutricionales de la yuca*, CIAT, Cali, Colombia
- Beeching, J R et al (1993) 'An assessment of genetic diversity within a collection of cassava germplasm using molecular markers', *Annals of Botany*, Vol 72, p515-520
- Bellotti, A C (2000) 'Las plagas principales del cultivo de la yuca: Un panorama global', in Proceedings XXVII Congreso, held in Medellín, Colombia, on 26-28 July 2000, Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN), Bogotá, Colombia, p189-217
- Bellotti, A C, Smith, L, Lapointe, S L (1999) Recent advances in cassava pest management, *Annual Review Entomology*, Vol 44, p343-70
- CBD (Convention on Biological Diversity) (2000) Cartagena Protocol on Biosafety, <http://www.biodiv.org/biosafety/protocol.asp>
- ConnerAJ, Travis RG and Nap JP (2003) The release of genetically modified crops into the environment. Part II: Overview of ecological risk assessment. *The Plant Journal* 33:19-46
- Daniell H (2002) Molecular strategies for gene containment in transgenic crops. *Nature biotechnology* 20:581-586
- Dehare P & and Chua N-H (2002) Excision of selectable marker genes from transgenic plants. *Nature biotechnology* 20:575-580

- Ebinuma H, Sugita K, Matsunaga E, Endo S, Yamada K & Komanime A (2001) Systems for the removal of a selection marker and their combination with a positive marker. *Plant cell report*. 20 383-392.
- Evans, L T (1998) *Feeding the ten billion*, Cambridge University Press
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2002) FAOSTAT data collection, <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>
- Gould, F (1998) 'Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology' *Annual Review of Entomology*, Vol 43, p701-26
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) (2002), normatividad, normas, Acuerdo No 2, <http://www.ica.gov.co>
- James, C (2002) *Annual Global review of commercialized transgenic crops*, International Service for the Acquisition of Agro-biotech Applications ISAA, Ithaca, NY
- Ladino, J J et al (2002) 'Genetic transformation of cassava: confirmation of transgenesis in clone 60444 and analysis of CRYIAb protein in transgenic lines. Preliminary data on transformation of farmer-preferred cultivars SM1219-9 and CM 3306-4', Annual report SB2 Project, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, p203-207
- Li, H Q, Sautter, C, Potrykus, I, Puonti-Kaerlas, J (1996) 'Genetic transformation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz)', *Nature Biotechnology*, Vol 14, p736-740
- Lohr, B (1983) 'Biología, ecología, daño económico y control de *Chilomima clarkei* (Ansel) barrenador de la yuca en control integrado de plagas', in Reyes, J A (ed), *Yuca: Control integrado de plagas*, CIAT, Cali, Colombia, pp159-161.
- Melo, E L (2002) 'Potencial del control biológico en el manejo de las plagas de la yuca', in Ceballos, H, Ospina, B (eds), *La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento y comercialización*, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, p234-249
- Nester, E W, Thomashow, L S, Metz, M, Gordon, M (2002) '100 years of *Bacillus thuringiensis*: a critical scientific assessment', Report, American Academy of Microbiology, Washington, DC
- Oxfam (1999) 'Genetically modified crops, world trade and food security', Policy Department, <http://www.oxfam.org.uk/policy/papers/gmcrop/gmcrop.htm>
- Ramírez, C (2001) Aportes al estudio de la biología, comportamiento y distribución del barrenador del tallo de la yuca *Chilomima clarkei* Amsel en el Departamento del Tolima. Tesis, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia
- Royal Society of London, US National Academy of Sciences, Brazilian Academy of Sciences, Chinese Academy of Sciences, Indian National Science Academy, Mexican Academy of Sciences, Third World Academy of Sciences (2000) *Transgenic plants and world agriculture*, National Academy Press, Washington, DC
- Sarria, R et al (2000) 'Transgenic plants of cassava (*Manihot esculenta*) with resistance to Basta® obtained through *Agrobacterium*-mediated transformation', *Plant Cell Reports*, Vol 19, p339-344
- Schopke, C et al (1996) 'Regeneration of cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz) from microbombarded embryogenic suspension cultures', *Nature Biotechnology*, Vol 14, p731-735
- Shelton AM, Zhao JZ and Rousch RT (2002) Economic, ecological food safety and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. *Annu. Rev. Entomol.* 47:845-81

Vides, O L, Sierra, O D, Gómez, H S, Palomino, A T (1996) 'El barrenador del tallo de la yuca *Chilomima clarkei* (Lepidoptera: Pyralidae)', *Creced Provincia del Rio*, Bulletin of the Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Produmedios, Colombia.

Wolfenbarger, L L, Phifer, P R, (2000) 'The ecological risks and benefits of genetically engineered plants', *Science*, Vol 290, p2088-2093

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

El estudio de la fisiología de las plantas es fundamental para comprender el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

Reacciones fisiológicas del Algodonero a daño de insectos

Dr. Juan A Landivar Bowles

Director de Servicios Tecnicos para Latin America Delta and Pine Land International

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2002 (FAOSTAT data collection, <http://apps.fao.org/page/collections?subject=agriculture>)

El Algodonero es una planta perenne con habitos de crecimiento indeterminado que comunmente es manejada como un cultivo anual. Existe variabilidad en sus habitos de crecimiento, llevando a algunos investigadores a clasificar las variedades como determinadas e indeterminadas. Aunque todas los algodones tienen un crecimiento indeterminado, esta clasificacion se refiere a la presion que hacen los fitomejoradores en la seleccion de sus materiales para obtener precocidad. Las variedades llamadas indeterminadas son precoces, mientras que las llamadas intederminadas son de ciclo mas largo. El algodonero es tambien clasificado como una especie Xerofitica, por su evolucion en areas semi-aridas.

Sus características de especie perenne le dan una tendencia de crecimiento vegetativo vigoroso. En su primer ciclo pueden llegar a alturas hasta de 3 metros produciendo un denso follaje, muy adecuado para la proliferacion de insectos y enfermedades. Sus habitos de crecimiento indeterminado aseguran la produccion continua de botones florales, flores, capsulas, nuevas hojas y suculentos apices en cada rama. Esta forma de crecimiento provee alimentos abundantes y nutritivos para un gran numero de especies de insectos. Sus características Xerofiticas la hacen susceptible a stresses hidricos, nutricionales, termicos, etc; reaccionando a estos stresses con el aborto de frutos, lo cual resulta en mayor crecimiento vegetativo.

Estas características hereditarias del algodonero, lo convierten en un hospedero ideal para la proliferacion de muchas especies de insectos, ofreciendoles proteccion en su follaje y alimentos abundantes de alta calidad. Por la reaccion del algodonero al ataque de

insectos, los daños que estos producen se pueden dividir en tres categorias:

1. Daños que afectan el establecimiento inicial del cultivo
2. Daños que afectan el balance energetico de la planta
3. Daños que causan pudricion de capsulas

1. Insectos que afectan el establecimiento inicial del cultivo

Durante la primera fase del cultivo (25 a 35 dias desde la germinacion), su principal actividad es establecer un sistema radicular y area foliar que le servira de base para sostener un crecimiento vegetativo vigoroso en la fase II y III del cultivo (los siguientes 40 a 60 dias). Entonces, mientras mas vigoroso el desarrollo radicular y foliar inicial, mayor sera el vigor y potencial de crecimiento de la planta. La tasa de crecimiento desde la formacion del primer boton floral hasta la apertura de la primera flor (fase II) esta altamente relacionada con la produccion final de fibra. Por estas razones, insectos que interfieran con el desarrollo radicular o foliar durante esta primera fase de desarrollo, pueden afectar la produccion final del algodonero.

Entre las principales plagas que atacan el sistema radicular tenemos el chinche de la raiz (*Scaptocoris castanea* y *Atarsocoris brachiariae*) y los nematodos. Estas plagas progresivamente se alimentan de raices, interfiriendo con la capacidad de la planta para

establecer un extenso sistema radicular; reduciendo así su capacidad para explorar altos volúmenes de suelo y proveer cantidades suficientes de agua y nutrientes para sostener un crecimiento aéreo vigoroso.

Por otro lado, tenemos insectos como thrips (*Frankliniella spp.*) y pulgones (*Aphis gossypii*) que interfieren con el desarrollo aéreo de la planta, reduciendo su capacidad para desarrollar su área foliar inicial. Esta área foliar es responsable de la captación de radiación solar, la cual activa el proceso fotosintético responsable por la producción de carbohidratos utilizados para sustentar el crecimiento radicular y aéreo de la planta.

Daños de insectos tanto a las raíces como al follaje conducen a un problema cíclico de crecimiento reducido en la planta. Lo anterior debido a que una menor disponibilidad de carbohidratos resulta en un menor desarrollo radicular. Menor crecimiento radicular lleva a un menor desarrollo vegetativo aéreo. Este círculo de crecimiento negativo frecuentemente resulta en la obtención de plantas de bajo porte con un potencial de producción reducido.

Manejos agronómicos para compensar estos daños incluyen la aplicación de fertilizantes post-emergentes y evitar stress hídrico por medio de irrigaciones. Algunos investigadores han sugerido la aplicación de fitohormonas para incentivar el crecimiento radicular y/o desarrollo vegetativo aéreo. En la producción comercial de algodón, estas prácticas han tenido una limitada aceptación y resultados tangibles en el campo.

2. Daños que afectan el balance energético de la planta

Los insectos que causan mayores pérdidas en la producción de algodón son los que se alimentan de botones florales y capsulas en desarrollo. Los principales insectos en Latinoamérica con estos hábitos incluyen *Agallia* Spp. cigarritas, *Lygus* Spp., Lagarta Rosada de la India (*Pectinophora gossypiella*), Lagarta Rosada Colombiana (*Sacadotes Pyralis*), *Heliothis* Spp. *Spodoptera* Spp. y Picudo (*Anthonomus grandis*). El Algodonero es susceptible a estos insectos desde el inicio de la fase II, toda la fase III y parte de la fase IV

hasta aproximadamente la apertura del primer capullo.

Además de causar un daño económico directo a la producción, estas plagas causan grandes desbalances energéticos en la planta. La pérdida de botones florales y capsulas inducen una redistribución de nutrientes y carbohidratos hacia los tejidos vegetativos. La planta reacciona a este exceso de energía iniciando nuevos nudos en el tallo principal y en la formación de órganos en desarrollo de mayor tamaño y peso. Esto incluye mayor crecimiento radicular, foliar, de capsulas y de alto micronaire. Este incentivo al crecimiento vegetativo genera plantas de mayor altura, retrasa el ciclo del cultivo, crea un ambiente desfavorable para la aplicación de plaguicidas, favorece el desarrollo de enfermedades, afecta la eficiencia de defoliantes y maduradores y reducen la eficiencia de cosecha.

Prácticas agronómicas para contrarrestar los daños causados por estos insectos, incluyen el uso de reguladores de crecimiento, ajustando las dosis en función al porcentaje de retención de frutos -en el momento de la decisión- y porte de la planta. También se debe considerar la modificación en el manejo del agua y nutrientes tomando en cuenta que el cultivo será más tardío.

Otro grupo de insectos que causan desbalances energéticos, son los que se alimentan del follaje de la planta. El desbalance energético creado por estos insectos es diferente al causado por los anteriores, pues atacan a la fuente de producción de energía, las hojas. Los principales insectos que causan este tipo de daño son los lepidópteros *Alabama argillacea* y *Trichoplusia ni*. Ataques extremos llegan a defoliar la planta causando stresses fisiológicos que conducen al aborto de nuevas estructuras reproductivas, a la reducción del llenado de las capsulas en desarrollo, fibras de micronaire bajo y terminación prematura del cultivo.

La mejor estrategia para evitar daños por defoliadores es evitar un excesivo nivel de defoliación. Es muy difícil y poco práctico recuperar cultivos con altos niveles de defoliación, especialmente si esto ocurre en la fase IV del cultivo.

El uso de variedades transgénicas con el gen Bt, es muy efectivo para eliminar el impacto de *Alabama*

argillacea, *Trichoplusia ni*, *Pectinophora gossypiella*, *Sacadotes Pylalis*, *Heliiothis virescense* y reducir el impacto de el daño causado por la especie *Spodoptera*.

3. Daños por Insectos que Causan Pudricion de Capsulas

La anatomia de las capsulas del algodonoero hacen que estas sean susceptibles al ataque de patogenos que causan pudricion. Muchas veces esta susceptibilidad es incrementada por daños de insectos que abren las puertas a infecciones patogenicas. Un gran numero de chinches como *Dysdercus Spp.*, *Nezera viridula*, *Horciasoides nobilellus*, *Euschistus heros*, *Piezodorus guildinii*, etc. Causan infestaciones secundarias de patogenos al introducir a la capsula bacterias y hongos con su estilete. Lepidopteros como *Heliiothis virescens* y otros de la especie *Spodoptera* se alimentan de las paredes de la capsula y su contenido. Estos rasguños y/o perforaciones tambien sirven de entrada a organismos que causan pudricion. Lagarta Rosada y Picudos completan la lista de insectos que frecuentemente causan la perdida total de la capsula por pudricion.

Aunque los daños economicos por insectos que causan pudricion de capsulas son similares al de los insectos que causan el aborto de las estructuras, su efecto fisiologico es diferente. Esto por que la planta invierte energia en la produccion de la capsula, pero -en su mejor caso- es solo parcialmente aprovechada. Puesto que la pudricion de estas capsulas normalmente ocurre

en la fase IV, frecuentemente queda muy poco tiempo para producir nuevas capsulas y compensar por estas perdidas.

Manejos necesarios para reducir la pudricion de capsulas causada por insectos, incluyen el control de estos basado en un sistema efectivo de monitoreo para identificar con precision el momento para la aplicacion de insecticidas.

Resumen

Insectos frecuentemente causan daños que afectan el consumo o la produccion de energia llevando a desbalances nutricionales. La planta reacciona a estos daños modificando su tasa de inicio de nuevos nudos en el tallo principal, ajustando el tamaño de los organos en desarrollo y su tasa de aborto de botones florares y capsulas. Estos procesos y sus causas entan expuestos en las figuras 1-3.

Prácticas agronomicas para contrarrestar los daños causados por estos insectos incluyen el uso de reguladores de crecimiento, ajustando las dosis en funcion al porcentaje de retencion actual y porte de la planta. Tambien se debe considerar modificar el manejo del agua y nutrientes tomando en cuenta que estos daños pueden alterar el ciclo del cultivo. El uso de variedades transgenicas con el gen Bt ayuda considerablemente a reducir los daños de algunos insectos lepidopteros.

El autor agradece la cooperacion de la Ing. Agron. Maria Consuelo Donato en la preparacion de este documento.

Figure 1
Stress de Carbohidratos

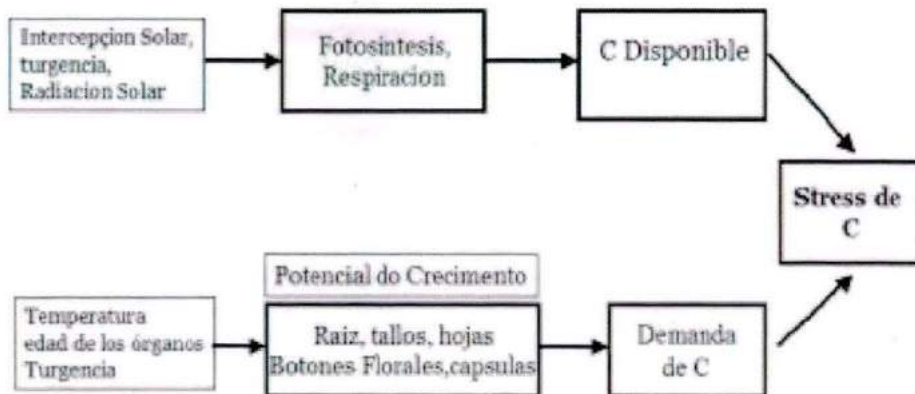
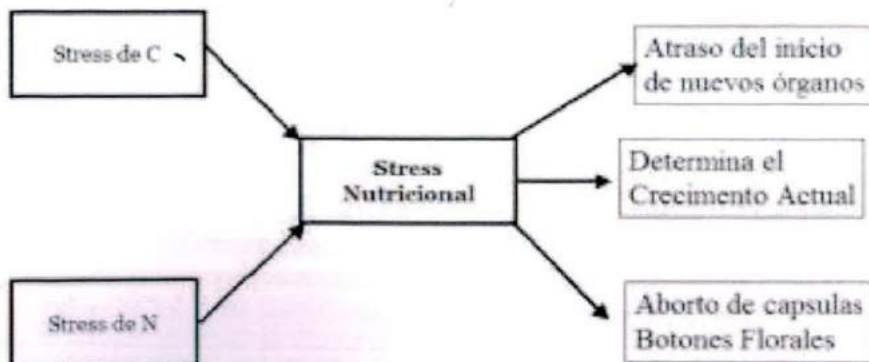


Figure 3
Stress Nutricional



en el cultivo de la planta. *Pectinophora gossypiella*, *Sarcophaga*, *Drosophila*, *Mutathis virescens* y reducir el impacto de el daño causado por la especie *Spodoptera*.

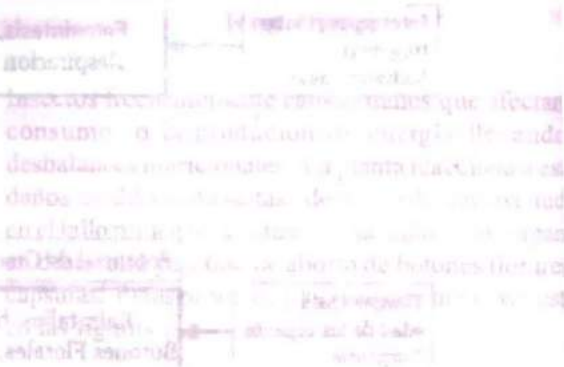
3. Daños por Insectos que Causan Pudrición de Capsulas

La mayoría de las capsulas del algodón que causan pudrición son atacadas por un grupo de patógenos que causan pudrición. Muchas veces la susceptibilidad es incrementada por daños de insectos que abren las puntas a infecciones patogénicas. Un gran número de chinches como *Deroceras* spp., *Nezera viridula*, *Hemiptera*, *Stethorus punctatus*, *Chistus hemis*, *Piezodorus guildinii*, etc. Causan infecciones secundarias de patógenos al introducir la capsula a través de heridas con su estilo. Lepidópteros como *Heliothis virescens* y otros de la especie *Spodoptera* se alimentan de las paredes de la capsula y su excremento, látex, gomas y/o perforaciones permiten la entrada de otros organismos que causan pudrición. La parte Rosada y Picuda completan la lista de insectos que frecuentemente causan la pérdida total de la capsula por pudrición.

Aunque los daños económicos por insectos que causan pudrición de capsulas son similares al de los insectos que causan el aborto de las estructuras, su efecto fisiológico es diferente. Esto por que la planta invierte energía en la producción de la capsula, pero en su mejor caso- es solo parcialmente aprovechable. Puesto que la pudrición de estas capsulas normalmente ocurre

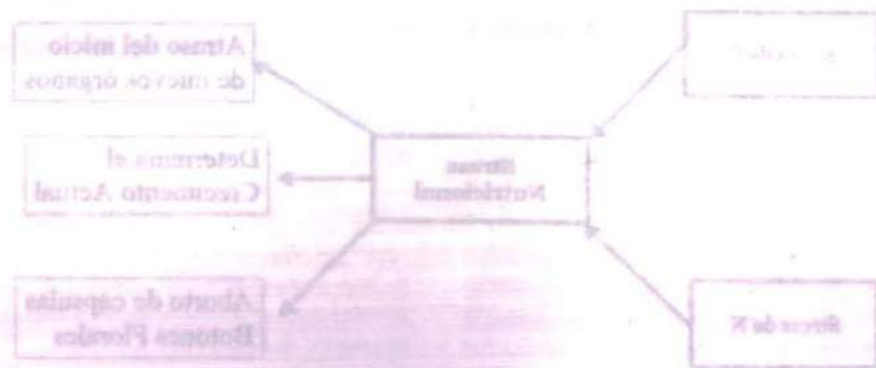
en la fase de maduración fisiológica, los insectos para producir el daño, generalmente, se alimentan de las puntas.

Manejas adecuadas que minimicen el daño causado por los insectos que causan pudrición de capsulas, estos basados en el conocimiento de los insectos que identifican con precisión los insectos que causan el daño de insectos.



Prácticas de manejo que minimicen el daño causado por los insectos que causan el aborto de las estructuras de la planta, regularidad de riego, y control de la temperatura y humedad de la planta, son algunas de las prácticas que pueden ayudar a reducir el porcentaje de aborto de las estructuras y parte de parte. También se debe considerar el manejo del agua y nutrientes para la planta que estos daños pueden alterar el ciclo del cultivo. El uso de variedades transgénicas con el gen Bt ayuda considerablemente a reducir los daños de algunos insectos lepidópteros.

la cooperación de la Ing. Agr. María Concepción González en la preparación de este documento.



Polinizadores de Frutales Tropicales

Jorge E. Peña

University of Florida, Tropical Research and Education Center, 18905 SW 280th Street, Homestead, FL 33031, USA

Resumen

Los frutales tropicales conforman un grupo muy diverso el cual involucra especies herbáceas y perennes, con diversos tipos de morfología floral que van desde las más primitivas (Annonaceas) hasta las más evolucionadas (mango, aguacate). Por muchos años, la ecología de la polinización ha estado basada en estudios de polinización a partir de insectos, más que todo por abejas. En frutales tropicales se ha demostrado que además de las abejas (*Apis mellifera*), otros insectos en los órdenes Himenoptera, Diptera y Lepidoptera son de gran importancia y en varias ocasiones el aporte de otros grupos (Thysanoptera) se ha considerado de menor importancia. Esto ha dado lugar a que polinizadores como hormigas, mosquitos, mariposas consumidoras de polen y cucarrones están siendo evaluados con mayor intensidad. Se discuten resultados de polinización de anonáceas con especies del orden Coleoptera (Nitidulidae, Escarabeidae) y técnicas de manejo de polinizadores (Nitidulidae) para incrementar producción de anonáceas comerciales. Se discuten resultados de otros estudios en polinización realizados por varios investigadores en Laureaceae, Anacardiaceae y Pasifloraceae.

Introducción

Los frutales tropicales es conformado por especies herbáceas y perennes (Peña et al., 2002). Las plantas herbáceas tienen como representantes plantas tan importantes como el banano, piña y la papaya mientras que las especies perennes incluyen árboles, arbustos y enredaderas (Verheij y Coronel, 1992) cultivados en las regiones tropicales del sur y suroeste de Asia, en Australia, África, América del Sur y Centroamérica y la región del Caribe. Los frutales tropicales se cultivan en una variedad de climas que va desde la latitud 23° 27'N a la latitud 23°27' al sur del Ecuador aunque algunas especies se cultivan en otras latitudes como 37°N en España. Desde los comienzos de la civilización, el ser humano se ha interesado en la polinización de sus cultivos. Mas aun, los agricultores siempre han mostrado un profundo interés en la biología reproductiva de las plantas y en los mecanismos de producción de frutas (Real, 1993). Aunque la mayoría de estos estudios se han realizado en frutales de zonas templadas (manzano, peral), hay ahora un interés y mayor énfasis en investigaciones en frutas provenientes de los bosques y ecosistemas tropicales. El objetivo de este ensayo es el de discutir resultados de polinización de anonáceas

con especies del orden Coleoptera (Nitidulidae, Escarabeidae) y técnicas de manejo de polinizadores (Nitidulidae) para incrementar producción de anonáceas comerciales. Así mismo discutir resultados de otros estudios sobre polinización realizados por varios investigadores en Laureaceae, Anacardiaceae y Pasifloraceae.

Polinización

Polinización es la transferencia de polen viable desde las anteras (órgano masculino de la flor) a el estigma (órgano femenino) de la misma flor o de una flor diferente. Después de la polinización viene la fertilización, mediante la cual el grano de polen germina en el estigma y establece contacto con el óvulo. Si la polinización ocurre automáticamente en la misma flor se le denomina autopolinización. En algunas especies, la transferencia del polen depende en parte o totalmente de la acción de vectores como el viento y los insectos. Se han establecido varias reglas o dogmas en la relación entre flores y agentes polinizadores. Por ejemplo, flores que son polinizadas por insectos (entomófilas) contienen típicamente néctar y polen; tienen una coloración muy atractiva y producen aromas que guían a los insectos

hacia ellas. La polinización cruzada depende de que los insectos lleven el polen de una flor a otra la cual está localizada en una planta diferente. En general, en frutales la polinización cruzada puede ser un requisito para la fertilización o para mejorar la calidad del fruto. De esta manera, se cree que las flores que dependen de las abejas para ser polinizadas exhiben características que son el resultado de la evolución histórica de estos insectos. Por ejemplo, flores que co-evolucionaron con abejas que poseen una "lengueta" larga o mediana, son grandes y con coloración (e.g., azul o púrpura) muy llamativa. Flores adaptadas a las abejas y abejorros regularmente están en un eje vertical o son colgantes en vez de estar en un eje horizontal. Tradicionalmente, se piensa que los atrayentes de los polinizadores a las flores son fuentes de alimentos (polen, néctar), pero también sirven como lugares de cría, y últimamente atracción sexual. Hay que añadir el tamaño de las flores como un factor ecológico importante, ya que los polinizadores grandes con una gran demanda de energía no seleccionan flores pequeñas, por la razón de que su demanda no les permite utilizar estas pequeñas fuentes de energía, las cuales pueden ser utilizadas por visitantes con una necesidad menor.

Flores de Frutales Tropicales

Las flores de los frutales tropicales tienen una forma variada, algunas con 3 pétalos y numerosas anteras (e.g., *Annona* sp), otras con un gran número de pétalos y anteras (Pasiploraceae). Algunas flores tienen varios estigmas y estilos dando lugar a una fruta con varias semillas (Annonaceae), otras tienen únicamente un estigma y estilo y en consecuencia, frutas con una sola semilla (aguacate, mango). Casi todas las especies de frutales tropicales necesitan polinización. Los frutos de aquellas flores que no han sido fertilizadas caen o flores que no han sido fertilizadas adecuadamente son deformes.

Frutales y Producción de Frutos

El papel desempeñado por los insectos, particularmente por la abeja europea *Apis mellifera* L. en la polinización de los frutales de clima templado es ampliamente reconocido. Varias investigaciones (e.g., Stephen, 1958; Mommers, 1972; Free, 1993) han demostrado la correlación entre la producción de frutos y la cantidad

de abejas, y establecido una correlación positiva entre la producción de frutos y el número de colonias en un huerto. Las tendencias para optimizar la polinización en estos cultivos pueden incluir el dirigir las abejas a el cultivo, el incrementar la atracción de los cultivos y el incrementar la proporción de donantes de polen (Faegri, 1978).

Además de las abejas representantes del orden Himenoptera, Diptera y Lepidoptera son de cierta importancia en frutales de clima templado, y en varias ocasiones el aporte de otros grupos se ha considerado de menor importancia. Por supuesto que también se ha observado que algunas de estas especies no presentan las condiciones óptimas de un buen polinizador (e.g., no tocan los estigmas, no visitan las flores en el momento óptimo de polinización). El mismo razonamiento se ha establecido por muchos años en frutales tropicales, considerando a la abeja europea como el único agente polinizador. Sin embargo, hay varias excepciones a esta 'regla' en especies de las familias Annonaceae (Pena et al., 2002), Laureaceae (Wysoki et al., 2002), Anacardiaceae (Waite, 2002) y Pasiploraceae (Aguar-Menezes et al., 2002).

Polinizadores de *Annona* spp.

El primitivo orden Magnoliales consiste de 10 familias y casi 3000 especies. La familia Annonaceae es muy diversificada e incluye 2300 especies, y en consecuencia conforma tres cuartas partes de este orden. La mayor parte de las especies dentro del género *Annona* se han originado en el Neotrópico y es representado por 110 especies en esta región y por 3 especies en el viejo mundo. *Annona senegalensis* Persoon y *A. stenophylla* Engler et Diels se encuentran en África, pero no ocurren en América, mientras que *A. glabra* L. ocurre en ambos continentes (Kessler, 1987). El género *Annona* está dividido en secciones las cuales incluyen la [*Eu-Annona*] *Guanabani* (Guanabanas), *Pilaeiflorae* (anonas sedosas), *Acutiflorae* (anonas), [*Atta*] *Attae* (anonas), and *Annonellae* (anonas enanas). Entre estas secciones hay dos con importancia hortícola: la *Guanabani* y la *Attae*. La *Guanabani* está caracterizada por una flor subglobosa, en forma de pirámide con pétalos anchos y superpuestos. Las especies más comunes dentro de esta sección son *A. muricata* L., *A. montana* McFadden, *A. glabra* L., *A. salzmannii* A. DC., *A. purpurea* Sesse et Mocino, y *A. senegalensis* Persoon. La sección *Attae*

puede separarse fácilmente de los otros grupos por sus flores elongadas y conformadas por tres pétalos. Las especies más comunes dentro de esta sección son *A. cherimola* P. Miller, *A. squamosa* L., *A. reticulata*, L., and *A. longiflora* Watts.

Los orígenes de las especies tropicales como el anon dulce (*A. squamosa*) provienen de las regiones bajas de Brazil, Guiana, Venezuela, Mexico, y de las Indias Occidentales. Una especie sub-tropical muy distinta es la cherimoya (*A. cherimola*), la cual se originó en las regiones montañosas de Perú y Ecuador. El híbrido atemoya (*A. cherimola* x *A. squamosa*) apareció espontáneamente al cruzarse *A. cherimola* y *A. squamosa*.

La mayor parte de la producción comercial de cherimoya, anon dulce, atemoya y guanábana (*A. muricata*) se ha expandido desde sus áreas de origen a regiones tropicales y subtropicales de Australia, New Zealand, Asia y el Mediterráneo y el cultivo de estos frutos brinda un buen potencial de exportación para los países productores.

Polinizadores y Polinización

Hasta los años 80 la polinización natural de las Annonaceae no se había investigado en más de unas 20 a 30 especies (Gottsberger, 1985) pero esto cambió recientemente (e.g. Webber and Gottsberger, 1997; Andrade, 1996; Nagamitsu and Inoue, 1997; Momose, 1998). La polinización inadecuada se considera como uno de los factores más limitantes en la producción comercial de las frutas del género *Annona* (Gazit *et al.*, 1982). Esto se atribuye en parte a la separación temporal de la función masculina y la femenina dentro de la flor, lo cual limita su potencial de autopolinización e incrementa la necesidad de factores externos.

La mayoría de las Annonaceae son polinizadas por cucarrones, aunque algunas son polinizadas por thrips (e.g., Momose *et al.*, 1998), chinches (Farre *et al.*, 1997), y hay también reportes de cucarachas (Nagamitsu and Inoue, 1997). La polinización por moscas puede ocurrir, pero esta evidencia es insuficiente (Gottsberger, 1970). Las flores de las annonáceas pueden ser muy llamativas o poco vistosas, pero siempre tienen un aroma muy intenso con el fin de atraer polinizadores. Algunas especies tienen flores

termogénicas las cuales mantienen una temperatura más alta que la del medio ambiente, supuestamente para ayudar a volatilizar los compuestos químicos de los aromas (Gottsberger, 1970). Las flores de las Annonáceas no producen néctar, entonces la recompensa de alimentación, puede ser el consumo de los pétalos (Gottsberger, 1988), de la parte carnosa de las puntas de los estambres (Nadel and Peña, 1994), polen (Deroin, 1989; Gottsberger, 1988), y exudaciones de los stigmas (Vithanage, 1983; Gottsberger, 1989). Las flores se usan como lugar de cópula por algunos de los polinizadores (Webber, 1981; Deroin, 1989; Gottsberger, 1989). Las actividades de los cucarrones en las flores, incluyen alimentación, cópula y período de quiescencia, lo cual resulta en visitas prolongadas de varias horas hasta algunos días mientras las flores cambian de sexo femenino al masculino.

Las flores de las annonáceas son proteroginias, o sea que la parte femenina tendrá el estigma receptivo antes de que las anteras liberen el polen, más tarde al terminar la receptividad del estigma, las flores comienzan a liberar el polen (Gottsberger, 1970). Esta adaptación evolutiva previene que haya deposición de polen en los estigmas de la misma flor, y se considera como una de las tácticas que las plantas usan para evitar la autofertilización. Otra táctica usada en varias annonáceas es el prevenir que haya transporte de polen entre diferentes flores de una misma planta; esto se logra al sincronizar la floración, en este caso, las flores que están abiertas tienen un solo sexo funcional durante un período determinado. Esta condición temporal, resulta en una incompatibilidad entre el polen y el óvulo de la misma planta, haciendo muy difícil la autopolinización dentro de la misma planta.

El período de floración de las anonas comerciales es muy variable, pero usualmente ocurre durante la época cálida del año. Por ejemplo la temporada de floración del anon dulce y atemoyas en Florida dura de 3 a 5 meses, comenzando en Abril (Nadel and Peña, 1991) en India y New Delhi el anon dulce florece desde Marzo a Abril (Kumar *et al.*, 1977), en Israel, atemoyas y anon dulce florecen de Junio a Septiembre (Oppenheimer, 1947; Podoler *et al.*, 1985), mientras que en Egipto florecen de Mayo a Julio (Ahmed 1936; Rokba *et al.*, 1977). Las atemoyas florecen desde Noviembre al final de Enero en Queensland, Australia (George *et al.*, 1992).

Polinización comercial de Annonas. Por muchos años la polinización natural de las annonáceas fue un misterio. Tal vez porque no es fácil el observar la acción de ciertos agentes polinizadores, se asumió que la polinización se debía a la acción del viento, abejas o a que simplemente el polen caía sobre los estigmas (Pena et al., 2002). Al comienzos de 1900, Wester (1910) sugirió que tal vez los agentes polinizadores eran pequeños cucarroncitos que el encontraba en las flores de anon dulce, pero su sugerencia no fue escuchada por 60 años. Ahmed (1936a) reconoció la naturaleza entomófila de el anon dulce, pero nunca presento pruebas concretas. El interés de Gottsberger's (1970) en los patrones de evolución floral lo llevo a el Neotrópico donde el verificó el papel que jugaban los cucarrones en la polinización de anonas silvestres. Mas tarde, Reiss (1971) fué el primero en documentar que la polinización en cultivos de atemoyas y cherimoyas era efectuado por cucarroncitos nitidulidos y verifico que otros factores polinizantes quedaban excluidos. Mas tarde Villalta (1988) documentó que la polinización de la guanábana era hecha por escarabajos. Hoy se establece como un hecho que la polinización natural de *Annona* esta restringida a la acción de coleopteros, aunque todavia se menciona en la literatura que existe la autofertilización, esto hecho sin embargo necesita ser comprobado.

La polinización de las flores de gran tamaño de la de la sección *Guanabani* [*Eu-Annona*] es llevado a cabo por escarabajos (Scarabaeidae), y las de las flores pequeñas de la sección *Attae* es llevado a cabo por cucarroncitos pequeños tales como los cucarroncitos de la savia (Nitidulidae), picudos (Curculionidae), cucujidos (Cucujidae), estafilinidos (Staphylinidae), y anthicidos (Anthicidae). El papel de los cucujidos como polinizadores fué determinado a través de observaciones en el campo determinando que cuando los insectos entraban en contacto con los organos sexuales de la flor y acarreaban polen y la fructificación aumentaba. Estudios realizados en áreas tan diferentes como Suramerica, Australia, Israel y los Estados Unidos revelaron que las flores pequeñas de la sección *Atta* tienen una biología y polinización similar, y que esta es un poco diferente a la de las flores grandes de la guanabana.

Chirimoya, anon, y atemoya

Las flores de estas especies e híbrido son colgantes, elongadas, de pétalos firmes y carnosos los cuales estan casi soldados al comenzar la antesis y comienzan a separarse lentamente cuando la flor comienza su maduración. Las flores son hermafroditas protoginas (Ahmed, 1936; Noonan, 1954; Schroeder, 1956; Thakur and Singh, 1965; Reiss, 1971), durando como unas 18 - 25 horas en la fase femenina y unas 12 horas en la fase masculina (Podoler et al., 1985; Nadel and Peña, 1984). Las flores del anon dulce abren temprano en la mañana, pero pueden liberar el polen a cualquier hora del día (Ahmed 1936; Kumar et al., 1977), o en la tarde (Wester, 1960), o cerca a la media noche (Nadel and Peña, 1994). Las atemoyas abren desde el medio día hasta entrada la tarde, y comienzan a liberar el polen al mediodía del día siguiente, y los pétalos y estambres caen cerca a la media noche (Nadel and Peña, 1994). La hora del día cuando las flores comienzan a abrir puede diferir de acuerdo con las condiciones climáticas (Kumar et al., 1977), especies, cultivar, o también el árbol.

Varios grupos de flores del mismo sexo pueden abrir en sincronía en un mismo árbol (Gazit et al., 1982; Kahn and Arpaia, 1990; Nadel and Peña, 1994). Un nuevo grupo de flores abre al mismo tiempo o un poco después que los pétalos y los estambres del viejo grupo de flores comienzan a caer. Estas anonas son polinizadas en su mayoría por especies de cucarroncitos nitidulidos (Cuadro 1), los cuales copulan y se alimentan de frutas en descomposición o en heridas de árboles. Estos cucarroncitos son atraídos hacia el olor de fruta fermentada de las flores de las anonas, y de acuerdo a Podoler et al. (1985) particularmente cuando estan hambrientos. Algunas especies se alimentan ocasionalmente de las flores, masticando la punta de los estambres o la base de los pétalos (Nadel and Peña, 1994), o se alimentan de granos de polen (Podoler et al., 1985), y posiblemente de exudados de los estigmas (Vithanage, 1984). Los cucarroncitos entran en la flor cuando esta está en su fase femenina en las horas de la mañana y se mantienen inactivos en la base de los pétalos caminando sobre los estambres y estigmas, y

cuando las flores entran en su etapa masculina de dispersan cubiertos de polen hacia otras flores (Nadel and Peña, 1994). Se ha encontrado una relacion entre el tamaño de los cucarrones y el diametro de apertura inicial de la flor (Pena, sin publicar). El polen de *Annona* es pegajoso y se mantiene viable por unas 24 horas (Reiss, 1971), esta viabilidad es suficiente para su movimiento desde un grupo de flores viejas (fase masculina) hacia un nuevo grupo en fase femenina.

El número de cucarroncitos por flor afecta la posibilidad del cuajado del fruto y en algunos casos la calidad de

este. Todos los estudios realizados en *Annona* dan evidencia de que de la misma forma que aumenta el grupo de cucarroncitos por flor, así también se aumenta la posibilidad de cuajado del fruto (Gazit *et al.*, 1982; George *et al.*, 1989; George *et al.*, 1992; Nadel and Peña, 1994; Lopez and Uquillas, 1997). La simetría de la flor es pobre cuando se encuentra 1 a 3 cucarroncitos por flor y esta mejora cuando se encuentran por lo menos 4 cucarroncitos por flor (Gazit *et al.*, 1982). Sin embargo, algunos investigadores aseguran que la simetría no está afectada por la cantidad de polinizadores por flor (George *et al.*, 1989; Lopez and Uquillas, 1997).

Cuadro 1. Polinizadores de *Annona* comerciales.

Cultivo	Region	Polinizadores	Referencia:
Atemoya, cherimoya	Israel	Nitidulidae: <i>Carpophilus humeralis</i> , <i>C. hemipterus</i> , <i>C. mutilatus</i> , <i>Haptoncus luteolus</i>	Gazit <i>et al.</i> 1982
Atemoya	Queens- land, Australia	Nitidulidae: <i>Carpophilus hemipterus</i>	George <i>et al.</i> , 1989
Atemoya	Florida, USA	Nitidulidae: <i>Carpophilus fumatus</i> , <i>C.</i> <i>dimidiatus</i> spp. cmplx., <i>Haptoncus</i> <i>luteolus</i> , <i>Colopterus posticus</i>	Nagel <i>et al.</i> , 1989
Atemoya, sugar apple	Florida, USA	Nitidulidae: <i>Carpophilus fumatus</i> , <i>C.</i> <i>hemipterus</i> , <i>C. humeralis</i> , <i>C.</i> <i>marginellus</i> , <i>C. mutilatus</i> , <i>Colopterus</i> <i>posticus</i> , <i>C. truncatus</i> spp. cmplx., <i>Haptoncus luteolus</i>	Nadel and Pena, 1994
Cherimoya	Quillota, Chile	Nitidulidae: <i>Carpophilus hemipterus</i> , <i>Colopterus</i> sp.	Lopez and Rojas, 1992
		Nitidulidae: <i>C. hemipterus</i>	Lopez and Uquillas, 1997
Cherimoya	Mexico and Michoa- can States,	Cucujidae: <i>Cryptolestes ferrugineus</i> , <i>Silvanus planatus</i> Nitidulidae: <i>Conotelus</i> sp. Staphylinidae: <i>Phloenomus</i> sp.	Castañeda <i>et al.</i> , 1997
	Mexico		
Cherimoya	California, USA	Staphylinidae: <i>Eusphalerum</i> sp.	Kahn, 1997
Cherimoya	Spain	Anthocoridae*: <i>Orius</i> sp.	Farre <i>et al.</i> , 1997
Soursop	Costa Rica	Scarabaeidae: <i>Cyclocephala</i> <i>amazona</i> , <i>C. brittoni</i> , <i>C. stictica</i>	Villalta, 1988

* Order Hemiptera; los demás polinizadores pertenecen al orden Coleoptera

El grupo de cucarroncitos polinizadores de las especies comerciales de *Annona* varía geográficamente, y algunas especies funcionan diferentemente en cada area. Por ejemplo, los cuatro polinizadores mas comunes en Israel, *Carpophilus humeralis*, *C. hemipterus*, *C. mutilatus*, y *Haptoncus luteolus*, son igualmente importantes en ese país. En Florida, USA, nueve especies de nitidulidos tanto exóticos como nativos visitan las flores sobresaliendo dentro de este grupo *C. mutilatus* como el mas importante tanto en términos de eficacia como en abundancia, seguido de *C. fumatus* y *H. luteolus*; Aunque *C. humeralis* es muy abundante en los huertos de annona, rara vez visita las flores, y cuando lo hace, el cuajado de fruta es bajo comparado con lo observado en Israel (Nadel and Peña, 1994). El número de especies visitando flores de annonas en Ecuador, Colombia y en la cuenca del Caribe es similar a lo encontrado en Florida (Peña and Bennett, 1994). En otras regiones los grupos de polinizadores no tienen tantas especies, y en algunos casos son inadecuados para brindar una buena producción comercial.

En la mayoría de las condiciones ecológicas, las flores de annonas no pueden autopolinizarse dada su naturaleza dicógama. La mayoría de los investigadores reportan que los estigmas se mantienen húmedos cuando están receptivos, pero se secan apenas los estambres abren. Sin embargo, si la humedad relativa es alta o la temperatura moderada, se cree que los estigmas se pueden mantener húmedos y receptivos hasta que haya liberación de polen, incrementando de esta forma la proporción de autofertilización sin la ayuda de los insectos. Aun así, cuando se da esta situación, el porcentaje de flores autofertilizadas es bajo (George *et al.*, 1989; Schroeder, 1993). Varios investigadores han observado que árboles de *Annona* que crecen cerca a ríos o fuentes de agua o en clima de alta humedad tienen un nivel de fructificación mucho más alto que el obtenido en climas secos (Thakur and Singh, 1965; Thomson, 1970; Sarasola, 1960; Schroeder, 1943; Gazit *et al.*, 1982); en consecuencia annonas en las áreas secas del sur de California tienen que ser polinizadas manualmente para poder obtener un rendimiento alto (Schroeder, 1943, 1956, 1993). Hay que anotar que la mayoría de estas observaciones (Schroeder, 1943, 1956, 1993) fueron hechas antes de que se presentara evidencia de que los insectos eran polinizadores de las annonas, y muchos de estos estudios fueron hechos fuera del rango normal de las annonas y sus polinizadores (e.g., California, Australia).

Guanábana

Villalta (1988) describió la morfología y fenología floral así como la polinización de *A. muricata* en Costa Rica. Las flores se mantienen en la fase femenina por 3 días, con una pequeña apertura de los pétalos externos y con una exudación copiosa de los exudados de los estigmas. La fase masculina comienza aproximadamente a las 8:30 y dura aproximadamente 12 horas hasta que los estambres y los pétalos caen. Durante la antesis los 3 pétalos exteriores se apartan un poco, pero los pétalos internos se mantienen cerrados. Las flores atraen los coleópteros un día antes de entrar a la fase masculina entre las 18:00-22:00 horas, y emiten un olor fuerte y pungente. El polen es transportado por escarabajos del género *Cyclocephala* (Scarabaeidae), y el polen se encuentra adherido a las setas de las patas y en otras partes del cuerpo del insecto. Los escarabajos se mantienen en las flores por unas 24 horas y comienzan a abandonar estas cuando el polen es liberado. Los escarabajos se alimentan de polen, de la base de los pétalos y copulan. No se alimentan de el exudado de los estigmas, ya que este contiene toxinas que protegen el estigma de ser devorado por los escarabajos. La antesis comienza a cualquier hora del día o de la noche, pero a menudo ocurre entre las 11:00 y 15:00; la dehiscencia de las anteras ocurre en sincronía con otras flores en el mismo árbol o en otros árboles.

Los pétalos de la guanábana son firmes y gruesos y los internos forman una cámara amplia en forma de cono alrededor de los órganos sexuales. A esta cámara, se le llama 'cámara polinizadora'. El espacio de esta cámara es muy diferente al espacio confinado que encuentran los pequeños polinizadores de la sección *Atta* de *Annona*. Los escarabajos de la subfamilia Dynastinae como *Cyclocephala* son los polinizadores más importantes de las annonas *Guanabani* y son a menudo atraídos por aromas nocturnos de las flores (Gottsberger, 1989a,b). Las especies de *Cyclocephala* como *Cyclocephala quatuordecimpunctata* y otros escarabajos además de polinizar guanábana, se consideran polinizadores de otras especies dentro del grupo *Guanabani* (Gottsberger *et al.*, 1997). Un

reporte contrario es el de Vidal (1997) quien reporta que la mayoría de los insectos encontrados dentro de flores de *A. muricata* en México son Nitidulidae y Chrysomelidae, y que algunas especies de Apidae y Formicidae (Hymenoptera) son abundantes en las superficies externas de las flores pero no se entran en contacto con las partes sexuales de la flor.

Villalta (1988) reportó entre el 18 - 24% de fructificación en guanábana en Costa Rica. Hay que anotar que algunos autores creen que la polinización entomófila de *A. muricata* tiene poco potencial dentro de la producción comercial de esta especie (Cogez and Lyannaz, 1996).

Manejo de Polinizadores

Ensayos para incrementar la fructificación en huertos de atemoya tratando de aumentar las poblaciones de nitidulidos han dado resultados muy variables. En Israel, el colocar manzanas en descomposición como atrayentes falló al no incrementar el número de cucarroncitos en las flores ni el cuajado de frutos; la liberación de 10,000 (70% *C. hemipterus* y 30% *C. mutilatus*) de nitidulidos en un huerto también falló al no incrementar fructificación (Galon *et al.*, 1982). Galon *et al.*, (1982) propuso utilizar fruta en descomposición como cebo, pero sugirió que el aroma de estas frutas competía con el de las flores, encontrando que si se embolsaban ramas con flores y se colocaban nitidulidos y manzanas podridas dentro del embolsado estos daban menos frutos que aquellos en los que se colocaban cucarroncitos solos (15% and 29%, respectivamente). En Australia, hubo éxito cuando se colocó piña durante la época de floración en un huerto de atemoya, resultando en un aumento de cucarroncitos por flor y un cuajado de fruto mayor del 62% comparado con un huerto donde no se efectuó este tratamiento (George *et al.*, 1992).

La polinización en Annonaceae por nitidulidos puede ser mejorada si se usan atrayentes semioquímicos (Bartelt *et al.*, 1992; 1994). En el sur de Florida se estudió el efecto de cebos al utilizar feromona de nitidulidos y un atrayente alimenticio en huertos de anon dulce y atemoya. El máximo de cuajado de fruto fluctuó

entre el 10-38% durante las primeras 4 semanas después de colocar los cebos, y fue significativamente mayor que en el testigo (Peña *et al.*, 1999).

De acuerdo a la revisión de literatura el uso de cebos no se ha intentado en guanábana, pero vale la pena comprobar si puede hacerse o no.

Polinización de Aguacate

El aguacate es originario de México y Guatemala, y se cree que se expandió en el Caribe cerca de 1696 (Wysoki *et al.*, 2002). Dentro de las dicotiledoneas el aguacate es mucho más avanzado que la familia Annonaceae, sin embargo a razón de que su área de origen es el neotrópico hay todavía discusiones y punto de vista múltiples en lo relacionado con su polinización. Estas preguntas son: son necesarias las abejas para obtener fertilización del fruto? Hay en el área de origen otros insectos los cuales pueden ser los polinizadores originales de esta especie? La flor del aguacate es circular, aproximadamente de 1 cm de diámetro, es bisexual con un comportamiento de flor protoginia dicogama sincronizada. La flor se abre dos veces, una vez como femenina y después como masculina. Cada estado de apertura y cierre de la flor ocurren en forma sincronizada en un mismo árbol y dentro de un mismo cultivar. Basado en el ritmo de floración, los cultivares de aguacate se dividen en dos grupos complementarios: cuando la temperatura aumenta, los cultivares del grupo 'A' abren como flor femenina desde la mañana hasta el medio día, y las flores masculinas abren durante la tarde. Los cultivares del 'Grupo B', abren con flores femeninas en la tarde y como flores masculinas en las horas de la mañana. Algunos aguacates presentan excepciones a esta regla (Wysoki *et al.*, 2002).

De acuerdo a Wysoki *et al.*, (2002) una polinización cruzada ocurre entre flores del grupo B (masculinas) y grupo A (femeninas) durante la mañana y viceversa en las horas de la tarde. La polinización cruzada va depender de la distancia del árbol polinizante o donante de polen y el polinizado, en la movilidad, cantidad y efectividad del agente polinizador. Sin embargo, a veces ocurre polinización cruzada cercana, la cual ocurre cuando las flores macho y hembra están en proximidad, como sucede con cultivares tipo guatemalteco y mexicano y sus híbridos (Wysoki *et al.*, 2002).

Pollinización como un factor limitante en la producción

A pesar de que el aguacate tiene tantas flores necesita la visita de un polinizador. Por ejemplo para obtener un buen rendimiento se necesitan 400 a 600 flores por árbol y 2 a 3 abejas visitando un árbol durante la fase masculina-femenina. Sin embargo, muchas flores del aguacate a pesar de ser polinizadas no son fertilizadas (Wysoki et al., 2002). La fructificación aumenta cuando 5 a 10 abejas visitan un árbol durante la fase femenina de este (Ish-Am, 1994; Ish-Am and Eisikowitch, 1998a; citados por Wysoki et al., 2002). El problema es que la abeja, la cual se utiliza como el mayor polinizador para este árbol en muchos países, abandona frecuentemente los huertos de aguacate y va en busca de otras fuentes florales más atractivas. (Wysoki et al., 2002) En consecuencia, en países donde el aguacate ha sido introducido, esto es un factor de producción limitante.

Polinizadores y visitantes

Polinización por Abejas

La abeja (*Apis mellifera* L.) es aparentemente el mayor polinizador de aguacate en los países productores. Las abejas que colectan néctar solamente o colectan polen y néctar, regularmente visitan tanto flores femeninas como masculinas y son por tanto polinizadores efectivos del aguacate. En contraste, aquellas que colectan únicamente polen no ayudan a polinizar (Stout, 1933; McGregor, 1976; Davenport, 1986; Free, 1993; Ish-Am and Eisikowitch, 1993).

En realidad además de flores de aguacate, las abejas prefieren otro tipo de flores como flores de cítricos, litchi o flores de plantas silvestres. Esta baja atracción a el aguacate se ha atribuido a que la flor del aguacate no está bien adaptada para ser polinizadas por las abejas. Esto ha llevado a estudiar los visitantes de aguacate dentro de su área de origen, en México y Centro América. En estos países los polinizadores potenciales son abejas, abejorros, moscas, cucarrones y hasta murciélagos (Nieto, 1984; Crane, 1992; Roubik, 1995). Por ejemplo en el sur de Puebla en México, Nieto (1984) colectó insectos de las familias Apidae, moscas Syrphidae, Sarcophagidae, Muscidae, Calliphoridae, Tachinidae, avispa Vespidae, Ichneumonidae, and

cucarrones Scarabaeidae y Lampyridae visitando flores de aguacate. Las abejas fueron por supuesto las visitantes más asiduas, seguidas de 11 a 8 visitas de moscas Calliphoridae y Muscidae y menos visitas de insectos pertenecientes a las demás familias.

En un nuevo estudio de 5 años en México (Castañeda-Vildózola et al., 1999; Ish-Am et al., 1999) se encontraron 45 especies incluyendo 20 especies de Himenoptera y 5 Coleoptera. De nuevo, *Apis mellifera* L. fue la más importante así como 3 especies de moscas: *Eristalis tenax* L. (Syrphidae), *Phaenicia mexicana* Macquart (Calliphoridae) y *Palpada mexicana* Macquart (Syrphidae).

Como el polinizador para ser efectivo necesita acarrear el polen hasta el estigma, Castañeda-Vildózola et al., 1999; Ish-Am et al., 1999 encontraron que los polinizadores efectivos eran: la abeja, 7-9 especies de abejorros (Apidae, Meliponinae), varios del género *Bombus* sp. (Apidae, Bombinae), una avispa colectora de néctar, *Brachygastra mellifica* Say (Vespidae) y la mosca *Chrysomya megacephala* F. (Calliphoridae) (Cuadro 2). Todas estas acarreaban grandes cantidades de polen y estuvieron en contacto tanto con estambres como con anteras y más que todo se mantuvieron dentro del huerto de aguacate en grandes densidades sin salir de este.

Los polinizadores originales del aguacate

Una flor con las características de la flor del aguacate (Cruden et al., 1983; Harder and Barrett, 1992) con un néctar expuesto y un polen fácil de colectar no va a encontrar un polinizador específico (Faegri and Pijl, 1979; Visscher and Sherman, 1998) y va a atraer tanto a la abeja como a avispa y a moscas (Wysoki et al., 2002). En consecuencia, no es sorprendente el encontrar todos estos grupos visitando este tipo de flores. Pero cuáles eran los polinizadores originales del aguacate? Por supuesto no la abeja, la cual fue introducida a el nuevo mundo a comienzos del siglo 16th (Roubik, 1998). El muestreo de los polinizadores de aguacate en México indica que los polinizadores originales pueden haber sido la abeja jicote y la avispa de miel mexicana (Wysoki et al., 2002) y sostiene la hipótesis de que la flor del aguacate representa una flor tipo Meliponinae,

la cual esta adaptada para polinización por abejas tropicales, de unos 4 a 8 mm, y también esta adaptada para polinización por avispas y moscas.

En conclusión, el aguacate se originó y evolucionó hace millones de años en Centro América. Sus flores fueron polinizadas por polinizadores nativos los cuales co-evolucionaron con estas flores; la flor del aguacate presenta unas características típicas de una flor generalista, las cuales incluyen una gran cantidad de néctar y polen como recompensa para sus polinizadores. Estas recompensas están disponibles para cualquier visitante, desde las abejas como las moscas, cucarrones, chinches y mariposas. Sin embargo, los polinizadores efectivos deben visitar tanto las flores en estado masculino como las flores en estado femenino, y estos deben ser pequeños, de

unos 3 a 8 mm para poder colectar con eficiencia el néctar del aguacate. Los polinizadores originales del aguacate se supone que sean las especies de himenópteros de hábitos sociales, como las abejas jicote (*Meliponinae*) y la avispa mielera mexicana (*Brachygastra mellifica* Say) las cuales son pequeñas o de tamaño medianol, después en orden de importancia vienen otras especies de avispas, moscas y algunos cucarrones. La llegada de la abeja europea a Centro América y la agricultura moderna, junto con la aplicación de insecticidas cambió las condiciones ecológicas en esta área. La abeja europea se convirtió en el mayor polinizador y los polinizadores originales fueron excluidos. Sin embargo en áreas donde el aguacate crece en forma silvestre, se encuentran los polinizadores originales con más asiduidad (Wysoki et al., 2002).

Cuadro 2. Insectos colectados en flores de aguacate en México (Ish-Am et al., 1999)

Orden	Sub-orden	Especímenes colectados (No.)	Especies ^z (No. estimado) ^y
Himenoptera	Meliponinae	444	10
	Otras abejas	84	16
	Avispas	245	25
Diptera		153	40
Coleoptera		33	10
Heteroptera		44	8
Otros		18	6
Total		1021	115

^z La identificación de estas especies fue hecha por el SEL (Systematic Entomology Laboratory) de el USDA. La identificación de las abejas fue realizada por el Dr David Roubik del Smithsonian Tropical Research Institute en Panamá.

^y El número de las especies es un estimado, ya que la identificación final no se ha completado (Wysoki et al., 2002).

Polinización del Mango

Hay muchos reportes contradictorios en la polinización de mango (Waite 2002). La hipótesis común es que el mango es polinizado por insectos y no por la ayuda del viento. Esto ha sido demostrado por Popenoe (1917), sin embargo Wester (1920) y Davenport and Núñez-Elisea (1997), sostienen que en algunas circunstancias el viento es más importante que los insectos. Free and Williams (1976) encontraron que los mangos pueden tener frutos aun cuando los insectos se hayan excluido al enfundar las paniculas, sugiriendo que la polinización se debe al viento o a la gravedad del polen.

Singh (1997) y Bhatia *et al.* (1995) encontraron que si las paniculas eran embolsadas para excluir los insectos, la fructificación era igual a cero, comparada con paniculas expuestas a estos, las cuales tenían un 4.3% de cuajado de fruto. La fauna polinizadora del mango ha sido estudiada en muchos países. Jiron y Hedström (1985), Bhatia *et al.* (1995), Singh (1997) and Singh (1999) reportan que especímenes del orden Diptera, familias Calliphoridae y Syrphidae, son los visitantes más asiduos de las flores de mango en Costa Rica e India. Experimentos conducidos por Anderson *et al.* en el norte de Australia muestran que las abejas, *Trigona* sp., fueron los polinizadores más efectivos que las moscas, pero sin descontar la acción de la abeja *Apis mellifera* Linnaeus.

En Tailandia, *A. mellifera* es buena polinizadora del longan, pero *Apis cerana* Fabricius se prefiere como polinizadora del mango (Wongsiri and Chen, 1995). Sharma *et al.* (1998) demostró que en la India, las especies *Lucilia* sp. (Calliphoridae) y *Sarcophaga* sp. (Sarcophagidae) aumentaban la polinización al colocar carne podrida de ovejo como atrayente en sacos en las ramas de los árboles.

Pasifloraceas y Polinización

Las Pasifloraceae dependen de la polinización cruzada para la producción de frutos, porque sus flores presentan características que hacen que sea muy difícil que para ser autopolinizadas, estas características son, la presencia de estigmas a un nivel mucho más alto que las anteras y los estambres de la misma flor generando polen antes de que los estigmas sean receptivos (Aguiar-Menezes 2002). Las flores del maracuya tienen otras características que facilitan la polinización cruzada,

como su tamaño, son muy llamativas, fragantes y producen néctar abundantemente.

Cuando las flores abren recientemente, los estambres cuelgan, y las anteras liberan el polen en el envés de estos, exponiendo el polen. Los estilos se mantienen erectos, y las superficies estigmáticas no son pegajosas. Eventualmente, el estilo se dobla hacia abajo, y cuando este proceso termina hay una mayor oportunidad para que los insectos que están colectando néctar y polen entre en contacto con el estigma. Durante la primera hora de floración, un insecto visitante puede acarrear polen en su cuerpo pero es difícil que lo pueda llevar hasta el estigma. Cuando la flor comienza a cerrarse, los estilos vuelven a su posición erecta. El proceso de recurvatura requiere una hora aproximadamente. Los estilos de las flores que no se curvan bastante como otros, y mantienen una distancia mayor entre la antera y el estigma son más difíciles de ser polinizados por el agente polinizador. Esto se aplica más que todo a aquellas flores cuyos estilos siempre se mantienen erectos, siendo mucho de estos representantes de flores infértiles (Akamine *et al.*, 1954; Free, 1993; citados por Aguiar-Menezes, 2002). En el Brasil, no hay producción de fruta en flores polinizadas con sus estilos erectos. Se puede obtener desde 13 a un 45% de fructificación si las flores tienen sus estilos parcialmente o totalmente curvados, respectivamente (Ruggiero *et al.*, 1976). Bajo condiciones naturales, el estigma se mantiene receptivo únicamente el día en que la flor está abierta, y el polen pierde su viabilidad después de 24 horas (Akamine and Girolami, 1959).

Cuando las flores abren son fragantes y el néctar se secreta en una estria en la base del ginoporo, y el polen es pesado y pegajoso. Esto, en conjunto con la posición de las anteras cuando el polen es expuesto y los estigmas tienen una posición adecuada para recibir el polen, indica que las flores están adaptadas para ser polinizadas por insectos y no por el viento (Free, 1993). Esto se ha confirmado en estudios en los cuales se colocan las plantas en jaulas y se previene el acceso a los insectos, resultando en no fructificación (Akamine and Girolami, 1957).

En Hawaii, USA los principales insectos visitando las flores de maracuya son la abeja, *Apis mellifera* L. (Apidae) y los abejorros carpinteros, *Xylocopa varipuncta* Patton (Anthophoridae). Dado su pequeño tamaño, se duda que la abeja sea una polinizadora

eficiente de Passiflora. Sinembargo, Hammer (1987), sostiene que son sus hábitos como buscadoras de néctar, y no su tamaño lo que causa que haya cuajado de fruto después de su visita. El abejorro carpintero, es bastante grande y se mueve de flor en flor para obtener el néctar, su cuerpo roza tanto las anteras como los estigmas, transfiriendo el polen de un órgano a otro (Akamine *et al.*, 1954).

Akamine and Girolami (1959) observaron que cuando *X. varipuncta* esta buscando néctar rozaba al mismo tiempo tanto las anteras como los estigmas; las moscas, *E. arvorum*, and y el saltamontes, *Conocephalus saltator* (Tetigoniidae) se alimentaban de polen, y consideraban que ellos aunque eran plagas, también eran buenos polinizadores de las passifloráceas.

Pope (1935) reportó que el abejorro carpintero, *X. varipuncta*, algunas polillas y los picaflores eran suficientemente grandes para transferir el polen desde los estambres a los estigmas. Nishida (1958) reportó que las especies de insectos más importantes visitando flores de maracuya en Hawaii eran *X. aripuncta* y la mosca, *Eristalis arvorum* (Syrphidae) pertenecientes a los órdenes Diptera, Hymenoptera seguidas de algunos Coleopteros, Thysanopteros y Orthopteros. Nishida (1958) también estableció que los thrips y mosquitas de agallas eran muy pequeños para transferir los grandes granos de polen característicos de las pasifloráceas (Nishida, 1963).

En El Salvador los insectos más comunes visitando pasifloráceas eran *Bombus* spp., *Trigona* spp., and *Xylocopa* spp. (Free, 1993). En São Paulo, Brazil, las especies que visitan flores de maracuya son *Xylocopa* spp., *Epicharis* spp. y *Apis mellifera scutellata* (Nishida, 1963; Ruggiero *et al.*, 1976).

En las Indias Occidentales, los polinizadores efectivos incluyen 3 especies de picaflores, y *Xylocopa mordax* Smith (Corbet and Willmer, 1980). Por la gran profundidad del nectario, las abejas pueden insertar únicamente la punta de la lengua dejando como mínimo, 13 ml de néctar sin coleccionar. *Xylocopa mordax* gasta aproximadamente 8.5 segundos por visita en cada flor; en días soleados cada flor es visitada cuatro veces durante la mañana y dos veces en la tarde; cuando el día está nublado el número de visitas se reduce. Además de néctar, *X. mordax* colecciona polen en el dorso cuando está en contacto con los estigmas doblados de las diferentes especies de las pasifloráceas (Free, 1993).

De acuerdo a Corbet y Willmer (1980), la mayoría de la polinización de maracuya Amarillo efectuada por *X. mordax* ocurre entre las 13.30 y las 15.00 horas cuando los estigmas se han curvado hacia abajo. En este caso el porcentaje de flores polinizadas fluctúa desde el 25% en días nublados hasta el 94% en días soleados. Cuando las flores están en la parte baja de la planta tienen una oportunidad menor de ser polinizadas en comparación con aquellas que están localizadas en la parte superior de esta.

En Brazil, Ruggiero *et al.* (1975; 1976) observó que 3 especies de *Xylocopa* y la abeja africana eran los polinizadores más abundantes y eficientes del maracuya así mismo como la baja eficiencia de la abeja *Apis mellifera* obteniendo un cuajado de frutos del 75% en el caso de los abejorros carpinteros y un 3% en el caso de las abejas. La efectividad de los abejorros *Xylocopa* aumentaba si los estilos de las flores eran completamente curvilíneos y disminuía si su curvatura era menor. En Brazil, Camillo (1978; 1980) también encontró que dentro de las especies *Xylocopa*, *Xylocopa suspecta* Moure & Camargo era un polinizador más eficiente de maracuya que *X. frontalis* (Olivier). Este autor cita otras especies, e.g., *Epicharis rustica* (Friese) (Anthophoridae), *Bombus morio*, *B. atratus*, *Apis mellifera*, *Scaptotrigona postica*, *Geotrigona* sp. (Apidae), y *Oxaea flavescens* Klug (Oxaeidae) visitando flores de maracuya Amarillo, pero indica que *S. postica* y *A. mellifera* en su mayoría coleccionan polen mientras que *E. rustica*, *B. morio*, y *O. flavescens* coleccionan únicamente néctar.

Sazima and Sazima (1989) reportan que *X. suspecta* y *X. frontalis* son polinizadores efectivos de maracuya en Ribeirão Preto, SP (Brazil), y *Trigona spinipes* (Fabricius) (Apidae) colecciona néctar y polen pero no poliniza robando néctar y polen y así mismo disminuyendo la efectividad de *Xylocopa*. Mas aun, *Trigona* ataca y repele a *Xylocopa* cuando esta intenta visitar las flores de maracuya, reduciendo el cuajado de frutos en un 6 - 25%. En consecuencia el efecto negativo de colonias de *Trigona* es muy serio en cultivos pequeños de maracuya. En Malaysia, Mardan *et al.* (1991) observó que el abejorro carpintero *Platynopoda latipes* era el polinizador más importante de maracuya y consideraban que las abejas (*Apis cerana* and *A. dorsata*), disminuían la fructificación al remover polen antes de que la polinización efectiva de *P. latipes* ocurriera.

Tres abejorros carpinteros, *Xylocopa mordax* Smith, *X. scutellata* Moure, and *X. (Megaxylocopa) fimbriata* Fabricius, son los polinizadores mas importantes de maracuya en el lago de Maracaibo, Venezuela y las visitas de los abejorros ocurren entre las 1500 y 1800 PM (Dominguez-Gil and McPheron, 1992).

Se han recomendado formas de facilitar la polinización de *Xylocopa*. Por ejemplo, Nishida (1958) recomienda que la are en producción de maracuya no debe exceder la capacidad polinizadora de las insectos polinizadores presentes o que deber considerarse formas de aumentar el numero de estos. Nishida, 1954; Akamine and Girolami, 1959 and Cobert and Willmer, 1980 sugieren los siguientes metodos para incrementar los polinizadores. Por ejemplo, como los abejorros carpinteros construyen sus colmenas en Madera o en tallos de arboles, se debe proporcionar estos susbtratos. La abundancia de lugares donde ellos pueden colocar sus nidos, reduce el tiempo de busqueda y la competencia entre hembras. Los postes a usar pueden ser Madera roja, u otro tipo de Madera liviana (Akamine *et al.*, 1954; Free, 1993). Los estudios de Camillo and Garófalo (1982) demuestran entre 9 tipos de madera, el eucalyptus fue la Madera preferida de los abejorros *Xylocopa*. Hoffmann (1997) recomienda el uso de postes de 15-20 cm de diametro en los cuales se huecos de 1.5 cm de diametro. El primer hueco es longitudinal, con una profundidad de 20 cm y el Segundo es perpendicular al primero a unos 15 cm de altura. El primer hueco se cierra con un pedazo de Madera o corcho y el Segundo es usado como la entrada de los abejorros.

Camillo (1996) incremento la polinización de maracuya por *Xylocopa* spp. en Holambra, Sao Pulo (Brazil) al introducir postes para nidos en estas plantaciones. Antes de colocar estos postes, la polinización era del 3.2%, mas tarde al introducir 49 nidos de *X. frontalis* y *X. griseocens* en una plantacion de maracuya de 1.5 ha el porcentaje de fructificación incremento al 25%. Las poblaciones de abejorros carpinteros tambien pueden incrementarse al aumentar Fuentes de polen y nectar en el momento de floración del maracuya (Akamine *et al.*, 1954). En Brazil, las flores de *Hibiscus* spp., *Cassia* spp., *Ipomoea purpurea*, y *Crotalaria juncea* son muy atractivas para los abejorros carpinteros (Ruggiero *et al.*, 1996).

La forma de evaluar si se necesita o no el incrementar el numero de abejorros carpinteros o la polinización manual es al contar las flores que caen por falta de fertilización, lo cual indica que hay una densidad muy baja de polinizadores. Ruggiero *et al.* (1996) recomienda el marcar 3 flores que esten listas a abrir por planta durante un dia luminoso. Si se tiene una plantacion de unas 2-3 ha, esta operacion debe ser repetida en mas de > 34 plantas, marcando unas 100 flores en total. Si se tiene un area mayor, la cantidad de flores marcadas debe ser incrementada proporcionalmente. Cuatro dias mas tarde, se deben contar los frutos en las flores marcadas. Ruggiero *et al.* (1996) observo que 40-50% de las flores marcadas fructificaban, lo que significo que la poblacion de los abejorros carpinteros ear adecuada. Si se encuentra menos del 30% de frutos, esto indica que hay una falta de polinizadores y las flores deben ser polinizadas manualmente.

De acuerdo a Akamine *et al.* (1954), Akamine and Girolami (1957; 1959), y Nishida (1958), las abejas contribuyen a disminuir la fructificación del maracuya. En areas donde hay muchas abejas, estas remueven el polen de las anteras. llevandose a la colmena. Cuando el estilo se ha movido a la posicion en las cuales los estigmas pueden ser polinizados por los abejorros carpinteros, no se encuentra polen suficiente en las flores para lograr una fructificación eficiente.

En Hawaii, USA Nishida (1958) encontro que en dos lugares, flores que se habian embolsado y polinizadas a mano, tenian en mismo porcentaje de fructificación que aquellas que se habian dejado sin embolsar. Sin embargo, en otros dos lugares, flores embolsadas y polinizadas a mano fructificaron mayor que aquellas no embolsadas y polinizadas a mano, lo cual indicaba que los insectos de las localidades eran muy pocos.

Nishida (1963) encontro que abundancia de abejas en la polinización de maracuya era erratica pues estas preferian otras fuentes de nectar y polen. Nishida (1963) sugirio que *X. varipuncta* es un polinizador mas eficiente que la abeja, porque es mas grande, mas rapido y acarrea mas polen. Esto fue confirmado en experimentos de Ruggiero *et al.* (1976) cuando este encontro que en plantas expuestas en confinamiento a

Xylocopa spp. tenían una fructificación del 75% en comparación con plantas expuestas a abejas, las cuales resultaron en 45% de fructificación.

Sin embargo, Free (1993) sugiere que las abejas son importantes como polinizadores de este cultivo ya que ellas polinizan pasifloráceas en valles y regiones montañosas y pueden ser manipuladas fácilmente. Este planteamiento fue respaldado por Cox (1957) en Australia. En Florida, USA donde se encuentra únicamente abejas visitando maracuya, hay una fructificación del 25% (Hardin, 1986).

Bibliografía

- Aguiar-Menezes, E., E. Menezes, P. Cassino and M. Soares. 2002. Passion Fruit. In: Pena, J., Sharp, J., and Wysoki, M. eds. Tropical fruit pests and pollinators, CAB International, Wallingford, UK., pp.361-390.
- Ahmed, M.S. (1936a) Pollination and selection in *Anona squamosa* and *Anona Cherimolia*. Ministry of Agriculture of Egypt, Technical Science Service Horticultural Section Bulletin. no. 57.
- Ahmed, M.S. (1936b) The Anonas in Egypt. Ministry of Agriculture of Egypt, Horticultural Section Booklet no. 14.
- Akamine, E.K. and Girolami, D.G. (1957) Problems in fruit set in yellow passion fruit. *Hawaii Farm Science* 5, 3-5.
- Akamine, E.K. and Girolami, D.G. (1959) *Pollination and Fruit Set in Yellow Passion Fruit*. Hawaii Agricultural Experiment Station, Honolulu, 32pp. (Technical Bulletin, 39).
- Akamine, E.K., Hamilton, R.A., Nishida, T., Sherman, G.D. and Storey, W.B. (1954) *Passion Fruit Culture*. University of Hawaii, 23pp. (Extension Circular, 345).
- Andrade, B.M. (1996) Pollination and breeding system of *Xylocopa brasiliensis* Sprengel (Annonaceae) in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 12, 313.
- Bahtia, R., Gupta, D., Chandel, J.S. and Sharma, N.K. (1995) Relative abundance of insect visitors on flowers of major subtropical fruits in Himachal Pradesh and their effect on fruit set. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 65, 907-912.
- Camillo, E. (1978a) Aspectos reproductivos de algunas especies de *Xylocopa* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Ciência e Cultura* 30, 594-595.
- Camillo, E. (1978b) Polinização do maracujazeiro. In: *Anais do 2º Simpósio Sobre a Cultura do Maracujazeiro*, Jaboticabal, pp. 32-39.
- Camillo, E. (1980) Polinização do maracujazeiro. In: Ruggiero, C. (ed.) *Cultura do Maracujazeiro*. FCAN, Jaboticabal, pp. 47-53.
- Camillo, E. (1996) Utilização de espécies de *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae) na polinização do maracujá amarelo. In: *Anais do 2º Encontro Sobre Abelhas*. Ribeirão Preto, pp. 141-146.
- Camillo, E. and Garófalo, C.A. (1982) On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Olivier) and *Xylocopa grisescens* (Lepeletier) in southern Brazil. I. Nest construction and biological cycle. *Revista Brasileira de Entomologia* 42, 571-582.
- Carvalho, E.F., Calixto, A.R.Y., Silva Filho, J.R. and Morato, E.F. (1994) Avaliação da polinização artificial na redução dos danos causados por *Trigona amazonensis* na cultura do maracujá amarelo. In: *Anais do 13º Congresso Brasileiro de Fruticultura*. SBF, Salvador, pp. 798-799.
- Castañeda V., A., Pineda, S. G., and Rebollar, A. (1997) Searching of cherimola pollinator insects in the states of Mexico and Michoacan. I. Identification. *Memorias Congreso Internacional de Annonaceas, Chapingo, Mexico*. pp.
- Castañeda-Vildózola, A., Equihua-Martinez, A., Valdés-Carrasco, J., Barrientos-Priego, A.F., Ish-Am, G. and Gazit, S. (1999) Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5 Num. Especial. *Proceedings of*

- Fourth World Avocado Congress, 1999, pp. 129-136 (in Spanish, English abstract).
- Cogez, X., and Lyannaz, J.P. (1996) Manual pollination of sugar apple. *Tropical Fruit Newsletter*. 19, 5-6.
- Corbet, S.A. and Willmer, P.G. (1980) Pollination of the yellow passionfruit: nectar, pollen and carpenter bees. *Journal of Agricultural Science* 95: 655-666.
- Crane, E. (1992) The past and present status of beekeeping with stingless bees. *Bee World* 73, 29-42.
- Cruden, R.W., Hermann, S.M. and Peterson, S. (1983) Patterns of nectar production and plant-pollinator coevolution. In: Bentley R. and Elias T. (eds.) *The Biology of Nectaries*. Columbia University Press, NY, pp. 80-125.
- Davenport, T.L. (1985) Avocado flowering, pollination and fruit set. *HortScience* 20, 589.
- Davenport, T.L. (1986) Avocado flowering. *Horticultural Review* 8, 257-289.
- Davenport, T.L. and Núñez-Elisea, R. (1997) In: Litz, R.E. (ed.) *The Mango - Botany, Production and Uses*. CAB International Wallingford, UK. Reproductive Physiology pp. 69-146.
- Deroin, T. (1989) Evolution des modalités de la pollinisation au cours du développement des axes aériens chez une Annonacée savanicole soumise aux feux annuels: *Annona senegalensis* Pers. *C.R. Acad. Sci. Paris* 308, Series III, 307-311.
- Dominguez-Gil, O.E. and McPherson, B.A. (1992) Arthropods associated with passion fruit in western Venezuela. *Florida Entomologist* 75, 607-612.
- Faegri, K. 1978. Trends in research in pollination ecology. In *The pollination of flowers by insects*, A. J. Richards, ed. Academic Press, pp. 5-12.
- Faegri K. and Van der Pijl, L. (1979) *The Principles of Pollination Ecology*, 3rd revised edn. Pergamon Press, Oxford, 244pp.
- Farre, M., J., Perez O., J. M., Hemoso G, M. de los A. and Orgata R., J. M. (1997). Estudio sobre polinización de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill) en España. *Memorias Congreso Internacional de Annonaceas. Chapingo, Mexico*. pp 43-55.
- Free J.B. (1993) *Insect Pollination of Crops*, 2nd edn. Academic Press, 684pp.
- Free, J.B. and Spencer-Booth, Y. (1964) The foraging behaviour of honey-bees in an orchard of dwarf apple trees. *Journal of Horticultural Science* 39,78-83.
- Free, J.B. and Williams, I.H. (1976) Insect pollination of *Anacardium occidentale* L., *Mangifera indica* L., *Blighia sapida* Koenig and *Persea americana* Mill. *Tropical Agriculture* 53, 125-136.
- Galon, I., Gazit, S. and Podoler, H. (1982) Improvement of natural fruit set of *Annona* by increasing the population of pollinating insects. *Alon. Haloneta* 9, 611-614.
- Gazit, S., I. Galon and H. Podoler. (1982). The role of nitidulid beetles in natural pollination of *Annona* in Israel. *Journal American Society Horticultural Science*. 107, 840-852.
- George, A.P., Nissen, R.J., Ironside, D.A. and Anderson, P. (1989) Effects of nitidulid beetles on pollination and fruit set of *Annona* spp. hybrids. *Scientia Horticulturae* 39, 289-299.
- George, A.P. and Nissen, R.J. (1991). *Annona cherimola* Miller, *Annona squamosa* L., *A. cherimola* x *A. squamosa*. In: E.W.M. Verheij and R.E. coronel. (eds.), *Plant Resources of South East Asia. 2. Edible fruits and nuts Pudoc-DLO Wagenigen, Holland and prozea Foundation, Bogor, Indonesia* 447 pp.
- George, A.P., Niessen, R.J., and Campbell, J.A. (1992). Pollination and selection in *Annona* species

- (cherimoya, atemoya, and sugar apple). *Acta Horticulturae*. 321,178-185.
- Gottsberger, G. (1970) Beitrage zur Biologie von Annonaceen-Bluten. *Osterreichische Botanische Zeitschrift*. 118,237-279.
- Gottsberger, G. (1985). Pollination and dispersal in the Annonaceae. *Annonaceae Newsletter* 1, 6-7.
- Gottsberger, G. (1988). The reproductive biology of primitive angiosperms. *Taxon* 37, 630-643.
- Hammer, L.H. (1987) The pollinators of yellow passionfruit – do they limit the success of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* as a tropical crop? In: *Proceedings of the Annual Meeting of the Florida State Horticulture Society* 100, 283-287.
- Harder L.D. and Barrett S.C.H. (1992) The energy cost of bee pollination for *Pontederia cordata* (Pontederiaceae). *Functional Ecology* 6, 226-233.
- Ish-Am, G. and Eisikowitch, D. (1991a) Possible routes of avocado tree pollination by honeybees. *Acta Horticulturae* 288, 225-233.
- Ish-Am, G. and Eisikowitch, D. (1991b) New insight into avocado flowering in relation to its pollination. *California Avocado Society Yearbook* 75, 125-137.
- Ish-Am, G. and Eisikowitch, D. (1993) The behaviour of honey bees (*Apis mellifera*) visiting avocado (*Persea americana*) flowers and their contribution to its pollination. *Journal of Apicultural Research* 32, 175-186.
- Ish-Am, G. and Eisikowitch, D. (1998a) Low attractiveness of avocado (*Persea americana* Mill.) flowers to honeybees (*Apis mellifera* L.) limits fruit set in Israel. *Journal of Horticultural Science* 73,195-204.
- Ish-Am, G., Barrientos-Priego, A.F., Castañeda-Vildózola, A. and Gazit, S. (1999) Avocado (*Persea americana* Mill.) pollinators in its region of origin. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5 Num. Especial. *Proc of Fourth World Avocado Congress*, 1999, pp. 137-143.
- Jirón, L.F. and Hedström, I. (1985) Pollination ecology of mango (*Mangifera indica* L.) (Anacardiaceae) in the neotropic region. *Turrialba* 35, 269-277.
- Jirón, L.F. and Lobo, J.A. (1995) Las abejas del genero *Trigona* y su asociacion con cultivo del mango (*Mangifera indica* L.). *Boltec* 28, 66-68.
- Kahn, T.L. (1997) Pollination theory and practice. Cherimoya Handbook. *The California Cherimoya Association*. pp. 2-220.
- Kahn, T. L. and M. L. Arpaia. (1990). Methods of cherimoya hand pollination. *California Cherimoya Association. Newsletter*. 3,1-3.
- Kessler, P.A. (1987) Some interesting distribution patterns in the Annonaceae. *Annonaceae Newsletter*. Utrecht, The Netherlands, 6, 7 p.
- Kevan, P.G. and Baker, H.G. (1983) Insects as flowers visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology* 28, 407-453.
- Koesriharti (1991). *Annoma muricata* L. In, Verheij, E.W.M. and Coronel, R.E. (eds.), *Plant Resources of South East Asia. 2. Edible fruits and nuts Pudoc-DLO Wagenigen, Holland and Prozea Foundation, Bogor, Indonesia* 447pp.
- Kumar, R., Hoda, M.N. and Singh, D.K. (1977) Studies on the floral biology of custard apple (*Annona squamosa* Linn.). *Indian Journal of Horticulture*.34, 252-256.
- Lopez, E. and Rojas Dent, R. (1992) Arthropods associated with cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) flowering in Quillota, Chile. *Acta Entomologica Chilena*, 17,101-106.
- Lopez, E. and Uquillas, C. (1997). *Carpophilus hemipterus* (Coleoptera: Nitidulidae) as cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) pollination agent under controlled conditions. *Acta Entomologica Chilena*. 21, 89-99.

- Mardan, M., Yatim, I.M. and Khalid, M.R. (1991) Nest biology and foraging activity of carpenter bee on passion fruit. In: *The 6th International Symposium on Pollination*. Tilburg, pp. 127-132.
- Nishida, T. (1958) Pollination of the passion fruit in Hawaii. *Journal of Economic Entomology* 51, 146-149.
- Nishida, T. (1963) *Ecology of the Pollinators of the Passion Fruit*. Hawaii Agricultural Experiment Station, Honolulu (Technical Bulletin, 55).
- McGregor, S.E. (1976) *Insect Pollination of Cultivated Crop Plants*. USDA Agriculture Handbook 496, Washington DC, 411pp.
- Mommers, J. (1952) De betekenis van de honiongbij voor de destuiving. *Meded. Dir. Tuinb.* 15, 586-593.
- Momose, J., Nagamitsu, T., and Inoue, T. (1998) Thrips cross-pollination of *Popowia pisocarpa* (Annonaceae) in a lowland dipterocarp forest in Sarawak. *Biotropica* 30, 444-448.
- Nadel, H. and Peña, J. E. (1994) Identity, behavior, and efficacy of nitidulid beetles (Coleoptera: Nitidulidae) pollinating commercial *Annona* species in Florida. *Environmental Entomology*. 23, 878-886.
- Nagamitsu, T. and Inoue, T. (1997) Cockroach pollination and breeding system of *Uvaria elmeri* (Annonaceae) in a lowland mixed-dipterocarp forest in Sarawak. *American Journal of Botany* 84, 208-213.
- Nagel, J., Peña, J.E. and Habbeck, D. (1989) Insect pollination of atemoya in Florida. *Florida Entomologist* 7, 207-211.
- Nakasone, H., Y., and Paull, R. E. (1998) *Tropical Fruits*. CAB International, Wallingford, United Kingdom, 445p.
- Nieto, A.R. (1984) Observacion preliminar de la polinizacion entomofila en aguacate *Persea americana* Mill. *Revista Chapingo* 9, 54-55.
- Noonan, J.C. (1954) Review of investigations of the *Annona* species. *Natural Horticultural Magazine*. 33, 219-225.
- Okimura, G. T. and Savage, I. E. (1974). Nitidulid beetles most commonly found attacking dried fruits in California. *Natural Pest Control Operator News* 34,4-7.
- Peña, J.E. and Bennett, F. D. (1995) Arthropods associated with *Annona* spp. in the neotropics. *Florida Entomologist* 78:329-349.
- Peña, J.E., Castiñeiras, A., Bartelt, R. and Duncan, R. (1999). Effect of pheromone bait stations for Sap beetles (Coleoptera: Nitidulidae) on *Annona* fruit set. *Florida Entomologist*, 82: 475-480
- Pena, J. E., Nadel, H., Barbosa, M., and Smith, D. (2002) Pollinators and pests of *Annona* Species. In: Pena, J., Sharp, J., and Wysoki, M. eds. *Tropical fruit pests and pollinators*, CAB International, Wallingford, UK., pp. 197-222.
- Pena, J., Sharp, J., and Wysoki, M. 2002. *Tropical fruit pests and pollinators*, CAB International, Wallingford, UK., 407 p.
- Podoler, H., Galon, I., and Gazit, S. (1984). The role of nitidulid beetles in natural pollination of *Annonas* in Israel: attraction of nitidulid beetles to *Annona* (atemoya) flowers in Israel. *Oecology Applicata*. 5, 369-381.
- Podoler, H., Galon, I. and Gazit, S. (1985) The effect of atemoya flowers on their pollinators: nitidulid beetles. *Acta Oecologica* 6, 251-258.
- Real, L. (1983) Introduction. In: Real, L. (ed.) *Pollination Biology*. Academic Press, New York, pp. 1-5.
- Reiss, A. (1971) Pollination and fruit set of *Annona cherimola* and *Annona squamosa*. M. Sc. Thesis, The Hebrew University of Jerusalem, Israel.
- Roubik, D.W. (1995) *Pollination of Cultivated Plants in the Tropics*. Food Agricultural Organization, Agricultural Services Bulletin 118, Rome.

- Ruggiero, C., Banzatto, D.A. and Lam-Sanchez, A. (1976) Studies on natural and controlled pollination in yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). *Acta Horticulturae* 57, 121-124.
- Ruggiero, C., Lam-Sanchez, A. and Miguel, S. (1975) Estudos da incompatibilidade em flores do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). In: *Anais do 3º Congresso Brasileiro de Fruticultura*. SBF, Rio de Janeiro, pp. 491-495.
- Ruggiero, C., São José, A.R., Volpe, C.A., Oliveira, J.C., Duringan, J.F., Baumgartner, J.G., Silva, J.R., Nakamura, K., Ferreira, M.E., Kavati, R. and Pereira, V.P. (1996) *Maracujá Para Exportação: Aspectos Técnicos da Produção*. EMBRAPA/SPI, Brasília, 64pp. (Publicações Técnicas FRUPEX, 19).
- Safford, W. E. (1914) Classification of the genus *Annona* with descriptions of new and imperfectly known species. *United States National Herbarium, Smithsonian Institution*. 18, 68 p.
- Sazima, I. and Sazima, M. (1989) Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e consequências para polinização do maracujá (Passifloraceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 33, 109-118.
- Schroeder, C. A. (1943) Hand pollination studies on the cherimoya. *Proceedings American Society Horticultural Science*. 43, 39-41.
- Schroeder, C.A. (1956) Cherimoyas, sapotes and guavas in California. *California Avocado Society Yearbook* 40: 49-56.
- Schroeder, C.A. (1971) Pollination of cherimoya. *California Avocado Society Yearbook* 54, 119-122.
- Silberbauer-Gottsberger, I., Gottsberger, R. and Gottsberger, G. (1997) Flower rhythm and pollination in a hybrid population of *Annona* in a small cerrado area in Matto Grosso, Brazil. *Annonaceae Newsletter* 11, 55-60.
- Singh, G. (1997b) Pollination, pollinators and fruit setting in mango. *Acta Horticulturae* 455, 116-123.
- Smith, D. (1991a). Insect pests. In Sanewski, G. (ed). *Custard Apples cultivation and crop protection Queensland Department of Primary Industries. Information Series Q190031*, 103pp.
- Stephen, W. (1958) Pear pollination studies in Oregon. *Tec. Bull. Ore. Agric. Exp. Stn.* No. 23
- Stout, A.B. (1933) The pollination of avocados. *Florida Agricultural Experimental Station Bulletin* 257, 1-44.
- Thakur, D.R. and Singh, R. N. (1965). Studies on pollen morphology, pollination and fruit set in some annonas. *Indian Journal of Horticulture* 22, 10-18.
- Thomson, P. 1974. Cherimoya and pawpaw pollination. *Pomona* 7,3-6, 24.
- Verheij, E., and R. Coronel. (1992) *Plant resources of South east Asia. Edible fruits And nuts*. Prosea Foundation, Bogor Indonesia, 446 p.
- Valentine, D.H. (1987) The pollination of introduced species, with special reference to the British Isles and the genus *Impatiens*. In: Richards, A.J. (ed.) *The Pollination of Flowers by Insects*. Academic Press, LOCATION???, pp.117-123.
- Vidal H. L. (1997) Identificación y frecuencia de insectos polinizadores en guanabana *Annona muricata*. *Memorias Congreso Internacional de Annonaceae, Chapingo, Mexico*. p. 36.
- Villalta, R. (1988) Estudio de la biología floral e identificación de agentes polinizadores de la guanabana (*Annona muricata* L.) en la zona atlántica de Costa Rica. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, Thesis. 61 p.
- Visscher, P.K. and Sherman, G. (1998) Insect visitors to avocado flowers. *Subtropical Fruit News* 6, 7-10.

Vithanage, H.I.M.V. (1984) Pollen-stigma interactions: Development and cytochemistry of stigma papillae and their secretions in *Annona squamosa* L. (Annonaceae). *Annals of Botany* 54,153-167.

Vithanage, H.I.N.V. (1990) The role of the European honeybee (*Apis mellifera* L.) in avocado pollination. *Journal of Horticultural Science* 65, 81-86.

Waite, G. (2002) *Pests and Pollinators of mango*. In: Pena, J., Sharp, J., and Wysoki, M. eds. Tropical fruit pests and pollinators, CAB International, Wallingford, UK., pp. 103-130.

Webber, A. (1981) Algunos aspectos da biologia floral de *Annona sericea* Dun. (Annonaceae). *Acta Amazonica*. 11: 61-65.

Webber, A. C. and Gottsberger, G. (1997). Floral biology and pollination of *Bocageopsis ultiflora* and *Oxandra euneura* in Central Amazonia. *Annonaceae Newsletter* 11, 61-66.

Wester, P.J. (1910) Pollination experiments with anonas. *Bullettin Torrey Botanical Club* 37,529-539.

Westerkamp, C. (1991) Honeybees are poor pollinators—why? *Plants Systematics and Evolution* 177, 71-75.

Wongsiri, S. and Chen, P.P. (1995) Effects of agricultural development on honey bees in Thailand. *Bee World* 76, 3-5.

Cambios en el paisaje y sus implicaciones para las interacciones planta-polinizador

Carolina Murcia

Coordinadora Sub-regional para los Andes del Norte, Wildlife Conservation Society. Cali, Colombia.

Las actividades productivas del último siglo han modificado sustancialmente el paisaje de la mayoría de los países Americanos. La transformación más común ha sido la de remplazar porciones de ecosistemas originales (bosques, sabanas y humedales) por ecosistemas agrícolas y ganaderos. En este proceso, los ecosistemas originales han quedado reducidos a una serie de fragmentos aislados, que en conjunto ocupan un área mucho menor de la original. Esta pérdida de área y aislamiento entre parches ha afectado todos los aspectos de los ecosistemas desde la composición de especies hasta los procesos ecológicos y todas las interacciones entre organismos de los cuales ellos dependen.

Aunque las interacciones entre plantas y sus polinizadores no son las únicas que se afectan al modificar el paisaje, las consecuencias de estos efectos tocan un proceso fundamental para la persistencia de las plantas: la reproducción. Por otro lado, los polinizadores pueden verse afectados en la medida que desaparecen especies de las cuales dependen para alimentarse o para obtener recursos indispensables para su reproducción, como es el caso de insectos que derivan la materia prima para sus feromonas o que se reproducen en el interior de las estructuras reproductivas de las plantas. Los más afectados son aquellos que mantienen interacciones exclusivas con las plantas, es decir, que sólo se alimentan o reproducen en una especie particular, y solo de esa.

Dentro del amplio espectro de interacciones planta-polinizador, existen algunas que son más vulnerables que otras a la fragmentación y a la pérdida de hábitat. Existen algunos estudios que han tratado de identificar cuáles características hacen más susceptible a unas especies que a otras a estos efectos. En la medida en que se pueda identificar patrones de susceptibilidad, será posible prevenir, mitigar o revertir esos efectos negativos mediante políticas de conservación, manejo y restauración. Entre los factores que contribuyen a la susceptibilidad de las plantas a la fragmentación, están la reducción en el tamaño de las poblaciones de plantas, el aislamiento entre poblaciones e individuos que hacen más difícil el movimiento de los polinizadores entre individuos compatibles, los cambios en la fauna de polinizadores y el tipo de sistema reproductivo de la planta. Los polinizadores no están exentos a efectos negativos, y los factores que los hacen más susceptibles son los cambios en el número y densidad de las flores, la dispersión espacial de las plantas de las que dependen, el grado de dependencia de recursos exclusivos y el uso de la tierra en zonas que rodean y separan a los fragmentos de hábitat.

A una escala más grande, a medida que se reducen en tamaño los parches de hábitat y se invierte la proporción entre el hábitat original y el modificado, cambian las condiciones para los insectos. El tipo de ecosistema productivo puede tener impactos severos sobre la entomofauna de una región, bien por que ofrece recursos de néctar y polen en pulsos masivos a medida que florecen las cosechas, o porque no ofrecen recurso alguno, o por que permiten la entrada de especies competidoras. Estos efectos a gran escala han sido menos estudiados y por lo tanto solo se reconocen como amenazas de las cuales no podemos sino imaginarnos su magnitud e impacto ecológico.

Abejas silvestres y polinización

Guiomar Nates-Parra

Profesora Asociada, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Introducción

La calidad de nuestra vida está directamente relacionada con la salud de nuestro planeta puesto que la población humana depende de gran cantidad de otras especies animales y vegetales para su sobre vivencia. Un tercio de toda la comida que consumimos esta disponible gracias a la polinización y aproximadamente la mitad de los animales que polinizan las plantas tropicales son abejas(O'Toole, 1993); el resto pertenecen a un grupo extremadamente variado. Las abejas son, probablemente el grupo de insectos mejor adaptado a la visita floral y debido al gran número de especies y a la abundancia de alguna de estas se convierten en un grupo esencial para la polinización y por tanto para la reproducción sexual de la mayoría de las plantas con flores, en especial para muchas plantas de interés agrícola (Michener, 2000). Se considera que en el Neotrópico hay casi 6000 especies de abejas (3000 especies de lengua larga y 3000 de lengua corta) que con sus visitas constantes a las flores se convierten en polinizadores de tiempo completo, a diferencia de otros animales que lo hace ocasionalmente (Roubik, 1995). Para Colombia se estiman, aproximadamente, 1000 especies de abejas, agrupadas en 90 géneros y 6 familias.

Que es una abeja?

“ Las abejas son un grupo de avispa visitantes de flores que abandonaron sus hábitos de avispa de aprovisionar sus nidos con insectos o arañas y en cambio alimentan a sus larvas con polen y nectar colectado de flores o con secreciones glandulares, finalmente derivadas de la mismas fuente. “ Michener, 1974

Las abejas son uno de los grupos más comunes de insectos, de gran importancia ecológica y económica, gracias a sus hábitos alimenticios. La visita a las flores

en busca de néctar y polen tiene como consecuencia la polinización de un gran número de plantas de interés para otros organismos.

Al igual que para muchos grupos de insectos, la fauna Apoidea de Colombia ha permanecido desconocida, debido principalmente a la ausencia de trabajos sistemáticos referentes al grupo. Las publicaciones extranjeras no se ajustan a nuestra fauna, compleja y heterogénea, debido a la posición geográfica del país y a su diversidad regional. Actualmente se cuenta con algunos trabajos, muy específicos que han contribuido para el conocimiento de las abejas de nuestro país así como de sus relaciones con la vegetación local (Vergara & Villa, 1982; Moreno & Devia, 1982; Nates-Parra & Cepeda, 1982; Nates-Parra, 1983; Parra, 1984; Fernandez & Nates-Parra, 1985; Liévano & Ospina, 1984; Pardo y Nates-Parra, 1994; Giron, 1996; Nates-Parra et al., 1989; Bonilla, 1990; Smith, 1999; González y Nates-Parra, 1999; Nates-Parra y González, 2000

Como se reconoce una abeja?

En general, las abejas son mas robustas y peludas que las avispa, aunque algunas de ellas presenten un fenotipo vespoideo (ej: Hylaeus, Nomada). Algunas características morfológicas ayudan a diferenciarlas (Michener et al, 1994):

1. Presencia de pelos plumosos o ramificados en varias partes del cuerpo y de las patas, aunque algunas veces están restringidos a pocas áreas, p.ej. el propodeo.
2. El basitarso anterior es mas ancho que los segmentos siguientes del tarso y generalmente es aplanado. Los esfeciformes tienen el primer y segundo segmentos tarsales similares en ancho y junto con el espolon

tibial forman un órgano limpiador de antenas (strigil).

3. Ausencia de pelos dorados o plateados en la parte inferior de la face. Esta característica es especialmente importante cuando se trata de separar abejas con fenotipo vespoideo de muchas avispas esfecoideas: éstas presentan pelos dorados o plateados que, a la luz, les confieren brillo en la cara.

Actualmente se reconocen 7 familias de abejas en el mundo: 5 de lengua corta : **Stenotritidae**, **Colletidae**, **Andrenidae**, **Halictidae**, **Melittidae**, y dos de lengua larga **Megachilidae** y **Apidae** (Michener, 2000). Comportamiento social, primitivo o avanzado, se presenta en menos del 10% de las especies, originado independientemente en 2 familias: **Halictidae** y **Apidae** (Snelling, 1981).

Las abejas más comúnmente conocidas son las del género *Apis*, que consideramos abejas domesticadas o bajo condiciones de explotación racional.

Son abejas silvestres aquellas que no han sido sometidas a domesticación, en su mayoría de hábitos solitarios que construyen nidos en piso paredes y troncos; no producen miel ni forman grandes colonias. El único grupo altamente social es el de la tribu Meliponini. Así lo que aquí consideraremos abejas silvestre son aquellas NO-*Apis*. Estas abejas, que hacen aproximadamente el 90% del total de las abejas del mundo, son muy variadas, su biología es poco conocida, y mucho menos sus relaciones con el hombre.

Abejas silvestres en Colombia

En Colombia hay 5 familias y solo una de ellas agrupa a las abejas verdaderamente sociales:

Colletidae-solitarias, contruyen nidos en el piso, en huecos en la madera o tallos de plantas. recubren las celdas con secreción de glándula de Duffour, que en contacto con el aire toma la apariencia de una bolsita de celofán, impermeable al agua y a microorganismos. Existen dos formas generales: grandes y con abundante pilosidad y pequeñas con pilosidad escasa y esparcida. La mayor parte de sus especies se encuentran en el Hemisferio sur, especialmente en Australia. Algunos autores las consideran como “abejas fabricantes de

poliéster”(Batra, 1985).

Andrenidae- solitarias . Se encuentra en todos los continentes excepto Australia. Nidifican en agujeros en el piso. Son oligolécticas (restringen su colecta de polen especies vegetales particulares o grupos especiales de flores). En esta familia se incluyen las abejas del género *Oxaea*, abejas grandes, solitarias, de vuelos rápidos, que nidifican en el piso y que fueron relegadas a subfamilia (*Oxaeinae*) por Alexander y Michener (1995).

Halictidae- solitarias- parasociales- primitivamente eusociales. Es un grupo muy abundante. Suelen ser llamadas “abejitas del sudor” (sweat bees) por que en climas calidos frecuentemente se les ve lamiendo el producto de la perspiración sobre la piel. Hacen nidos en la tierra y en troncos de madera. Muchos grupos exhiben coloración metálica, verde, azul, roja, amarilla o negra

Megachilidae- solitarias- comunales- quasisociales. Es una familia muy grande y ampliamente distribuida. Se caracterizan por que el transporte de pólen lo realizan en la escopa gastral (parche de pelos plumosos localizado en los últimos esternos abdominales). También se caracteriza por que hace sus nidos con pedazos de hojas, resinas, ceras y otros materiales removidos de las plantas). Por esto se les conoce como abejas cortadoras de hojas.

Apidae. Después de Roig Alsina y Michener (1993), quedó convertida en una familia muy grande y extremadamente diversa; agrupa las subfamilias **Nomadinae**, **Xylocopinae** y **Apinae**, con abejas tanto solitarias como eusociales. Se pueden encontrar desde especies parásitas en nidos de otras abejas hasta formas quasisociales o comunales. Nidifican en el suelo, en troncos de madera, paredes. En esta familia se encuentran las abejas de mayor tamaño del género *Xylocopa* que nidifican en madera. Las abejas verdaderamente sociales (eusociales) se suelen reunir en un grupo informal y sus sociedades están constituidas por una reina, miles de obreras y unos cuantos machos. 4 tribus se agrupan aquí, dos de las cuales son altamente sociales : **Apini** (con el Género *Apis*) y **Meliponini** (abejas sin aguijón) y los otros dos grupos **Bombini** (abejorros del páramo, primitivamente sociales, Género *Bombus*) y **Euglossini** (abejas de las orquídeas, quasisociales, comunales, géneros *Euglossa*,

Eulaema, *Eufriesea*, *Aglae* y *Exaerete*: Estos dos últimos son parásitos de otras abejas).

Para que sirven las abejas?

Uno de los compromisos de los representantes de todos los continentes que asistieron a la reunión de Rio de Janeiro es mantener la diversidad de la vida. Y el grupo de organismos llamados por Buchman y Nabham (19669) "polinizadores olvidados" esta necesitando urgentemente que se tomen medidas para protegerlos. Por que hacerlo? ...Por que la supervivencia del resto del mundo depende de ellos. Con al agricultura masiva, la deforestación, desarrollo urbano en regiones antes silvestres los polinizadores han visto disminuidas sus poblaciones al no encontrar recursos alimenticios, sitios de nidificación y recursos para hacer sus nidos. Con la disminución de los polinizadores naturales, causada por el aumento en la destrucción ambiental ocurre la disminución de las especies de plantas a las cuales ellas sirven.

Los principales polinizadores están agrupados en 4 órdenes de insectos: Hymenoptera (abejas, avispas, hormigas), Diptera (moscas, mosquitos), Lepidóptera (polillas y mariposas) y Coleóptera (cucarrones) y entre ellos las abejas juegan un papel muy importante en varios frentes que mencionamos a continuación:

1. Producción de Miel, pólen y otros productos.

Ademas de *Apis mellifera*, las abejas sin aguijón (Meliponinae) producen pequeñas pero importantes cantidades de miel.

En Colombia hay aproximadamente 100 especies de esta subfamilia y tan solo 17 son utilizadas para producción de cualquier producto (miel, cera, polen, resinas). De ellas solamente 11 se explotan ya sea en forma rustica o semidomesticada para obtención de miel. Las abejas del género *Melipona* (*M. favosa*, *fasciata*, *interrupta*, *compressipes*) y especialmente *Trigona* (*Tetragonisca*) *angustula* son frecuentemente objeto de búsqueda para obtención de miel de excelente calidad y a la cual la medicina popular les asigna propiedades terapéuticas. Polen es obtenido en menor proporción y aun menos la cera o las resinas. En épocas precolombinas nuestros pobladores indígenas utilizaban en gran forma los productos de las abejas (Nates Parra, 1996). En Centroamérica se mantiene la tradición pero

aquí en Colombia se ha perdido; hay relatos de cronistas que evidencian la obtención de cera, polen y miel por parte de los muiscas, tayronas, tunebos, etc. (Nates-Parra, 1997). Actualmente se conocen estudios etnozoológicos en los que se demuestra como los insectos, especialmente las abejas son parte importante de la estructura social de ciertas comunidades indígenas y además se percibe un alto grado de conocimiento sobre la vida de las abejas sin aguijón; los indios Kayapo de la amazonía Brasileira (Posey y Camargo, 1985), los Andoke de la Amazonía Colombiana (Jara, 1996), los Nukak del noroeste Amazónico (Cabrera y Nates-Parra, 1999) y los Uwa de la sierra Nevada del Cocuy en la Cordillera Oriental de Colombia (Falchetti, 1997; Falchetti y Nates-Parra, 2002) son algunos de los pueblos en los que se ha investigado este aspecto.

2. Polinización y mantenimiento de la diversidad de los recursos vegetales

De un modo general, las abejas se alimentan casi que exclusivamente de pólen y néctar y necesitan visitar grandes cantidades de flores diariamente para satisfacer sus requerimientos individuales, de la cría y/o de la colonia. Este trabajo incansable de visita a las flores hace de las abejas los principales agentes polinizadores de las plantas.

La eficiencia polinizadora de cualquier visitante floral esta íntimamente relacionada con la biología floral de la planta y el comportamiento de forrajeo del animal. Durante millones de años las flores desarrollaron mecanismos con pétalos de colores, olores y recompensas de néctar, pólen, esencias, aceites para atraer interesados y obtener la polinización. Sin embargo no todo visitante floral es un polinizador eficiente. Para que una especie animal cualquiera pueda ser catalogada como buen polinizador de una especie vegetal particular, tiene que cumplir ciertos requisitos (Freitas, 1998):

1. Que sea atraído en forma natural por las flores de esa especie.
2. Que sea fiel a la especie
3. Que posea el tamaño y comportamiento adecuados para remover el pólen de los estambres y depositarlos en los estigmas.
4. Que transporte en su cuerpo grandes cantidades

de pólen viable y compatible.

5. Que visite las flores cuando los estigmas tengan buena receptividad y antes del inicio de la degeneración de los óvulos

Las abejas cumplen con éstos requisitos desde que son atraídos naturalmente a las flores por sus colores y olores, muchas de ellas mantienen su constancia floral, hay abejas de tamaños diversos y con adaptaciones morfológicas (presencia de escopas o corbículas y pelos plumosos o ramificados en cualquier parte del cuerpo) y comportamentales (forrajeo por zumbido), que les permiten estar en contacto con el pólen, removerlo y traspasarlo de una flor a otra facilitando así el proceso de polinización.

La especie de abeja mas utilizada en polinización es *Apis mellifera* debido a sus hábitos de forrajeo generalistas, pero no es la única. Por su producción de miel, esta especie, de origen africano y sureuropeo, fue domesticada e introducida en casi todo el mundo. Se cree, erróneamente que es el polinizador mas eficiente, pero su eficiencia real, a pesar de que ha sido demostrada para muchas especies vegetales es desconocida para otras. Algunos autores han mostrado que en muchas ocasiones *A. mellifera* es un visitante ávido, pero un pobre polinizador, especialmente cuando se compara con abejas silvestres (Raw, 1979; Tepedino, 1981, Westerkamp, 1991, Freitas, 1997). Por otro lado, *A. mellifera* es un polinizador costoso: el mantenimiento de las colonias (incluyendo los caros tratamientos para mantenerlas libres de enfermedades), y su transporte a los sitios donde se requieren los servicios de polinización, sube los costos del mantenimiento y producción de un cultivo. Una de las primeras reacciones de los agricultores cuando tienen problemas de polinización es incrementar el número de colmenas (*A. mellifera*) por área; esto conduce a una saturación del cultivo con un gran número de abejas, mas de las que tal cultivo puede sostener, ocasionando colmenas hambrientas (Westerkamp y Gottsberger, 2002). Otras veces, los cultivos no suplen completamente los requerimientos nutritivos de las abejas, y es necesario adicionar suplementos a las colonias, para evitar que las abejas vayan a explorar otros recursos (Westerkamp y Gottsberger, 2002).

Las abejas silvestres también cumplen con la función polinizadora y en muchos casos con mayor eficiencia

visitando flores que son inaccesibles para *Apis* y a un menor costo; tanto es así que en otros países ya se tiene una tecnología establecida para la cría y uso de abejas silvestres en polinización de cultivos. Ante la diversidad de flores es apenas obvio que exista también una gran diversidad de polinizadores. Muchas flores en la naturaleza son melitófilas, es decir adaptadas a polinización por abejas, pero abeja no es sinónimo de *Apis mellifera*. La selección del polinizador adecuado depende de los requerimientos particulares de las especies vegetales a ser polinizadas.

Veamos algunos ejemplos:

1. Abejas sin aguijón.

La idea de mantener abejas sin aguijón para polinización en campo abierto es relativamente nueva. En Brasil aplicando la meliponicultura migratoria se ha observado que algunas especies de *Melipona* colectan y polinizan flores de naranja (Barros, 1994).

T. angustula fue observada como el polinizador primario de *Schium edule* (guatilla, chayote) en Costa Rica (Wille y Orozco, 1983)

En invernaderos tambien han sido utilizadas con éxito. En 1992, Maeta et al, importaron *Nannotrigona testaceicornis* del Brasil para el Japón donde esta siendo utilizada exitosamente en la polinización de fresa; colonias pequeñas de *Plebeia* del sur del Brasil, algunas *Melipona* de Mexico y *Lepidotrigona* de Taiwan han sido llevadas a climas subtropicales donde se han adaptado bien.

Si bien algunas especies no son muy apropiadas para polinización (tienen colonias pequeñas., son muy agresivas, tienen hábitos de nidificación restringidos, cortan, perforan, muerden flores, frutos, tallos de plantas, ej *Trigona* s. str.) es posible encontrar otras que si se adaptan muy bien y pueden ser susceptibles de ser manejadas como polinizadores efectivos(tienen colonias grandes, son dóciles, adaptables a domicilios artificiales, y especialmente, pueden ser mantenidas en los mismos nidos originales en los que se encuentren)(Roubik, 1995). *Trigona angustula*(angelita) y especies de los géneros *Melipona*, *Nannotrigona*, *Scaptotrigona* y *Cephalotrigona* son algunas de las que se podrían utilizar como polinizadores.

Sin embargo su papel real como polinizador esta lejos de estar completamente establecido por cuanto son muy pocos los registros de plantas que no prosperarían sin la acción de las abejas sin aguijón. Heard (1999) hizo una revisión del efecto polinizador de los meliponinos en el que muestra que si bien son polinizadores efectivos para aproximadamente unas 10 especies de plantas y se han visto como visitantes de algunas 60 mas, no hay, actualmente, suficientes datos que permitan aclarar el papel de tan abundante recurso.

Trigona angustula en particular es una abeja generalista y en relación al consumo de pólen es poliléctica. Sin embargo muestra una gran constancia floral ya que al analizar sus cargas polínicas se pudo evidenciar que aproximadamente el 60% de las muestras analizadas (104) presentan entre el 90 y 99.9% de un tipo de pólen dominante (datos sin publicar LABUN); en este mismo estudio se han podido identificar 59 plantas de las cuales esa especie recoge polen y probablemente néctar. Sin embargo y a pesar del comportamiento generalista de *T. angustula* también se observó que uno de los tipos polínicos mas comunes en las muestras corresponde al género *Solanum*; es de presumir que en este caso las obreras de *T. angustula* actúan como oportunistas puesto que las especies vegetales del género tienen anteras poricidas que hace necesario un mecanismo especial (vibración) para extraer el pólen ; así, las obreras de *T. angustula* recogen el pólen que queda sobre los pétalos u hojas, después de la acción de polinizadores mas grandes (*Bombus*, *Xylocopa*, *Melipona*, *Centris*, *Eulaema*), que por vibración de los músculos torácicos hacen que las anteras liberen el pólen (Buchmann, 1983); este polen es muy apetecido puesto que se considera muy rico en proteínas (Roubik, 1989).

El conocer los hábitos de nidificación de los meliponinos, sus hábitats naturales, rango de vuelo, comportamiento de forrajeo, son aspectos que permitirán conocer mas acerca de su potencial como polinizadores y de este forma aprovechar estos insectos no solo en polinización de cultivos sino en el mantenimiento de los bosques que aún nos quedan.

2. Megachilidae. La abeja cortadora de hoja *Megachile rotundata*, fue introducida accidentalmente en la parte Este de los Estados Unidos en los años 30 y desde entonces se ha diseminado por todo el país. Desde la

década de los 50 los productores de semilla de alfalfa (*Medicago sativa*) de los EE. UU. se dieron cuenta de la importancia de ese insecto en el cultivo de la alfalfa. Generalmente basta una hembra por cada 5 yardas cuadradas (4,175 m²) para lograr una buena polinización (Richards, 1993).

La especie también fue introducida en Canadá en 1961 y desde esa época la industria de la producción comercial de abejas cortahojas se desarrollo a la par con la producción de semilla de alfalfa (Richards, 1984) Además de polinizar alfalfa, los megaquilidos pueden visitar legumbres forrajeras (mentas, crucíferas), trebol dulce. Los productores ya han diseñado varios tipos de nidos artificiales con el fin de atraer y mantener las abejas en los cultivos que quieren polinizar: Pitillos de papel colocados en cajoncitos de madera son un buen modelo para los nidos; bloques de madera con tuneles donde se almacena los pitillos es otra forma; Los megaquilidos se pueden conseguir durante la época en que las larvas están en fase de iveración, cuando pueden ser trasladadas a los nidos artificiales (Sihag, 1983, 1995). Además, ya existe la metodología para adaptar la época de emergencia de las abejas con la época de la floración del cultivo respectivo (Stephens, 1981). Una vez adquirida la especie, las abejas se pueden reproducir dentro del cultivo, dando exc edentes de abejas que puede nser vendidas a otros productores (Westerkamp y Gottsberger, 2002)

3. Xylocopa. La polinización de Pasifloraceae (Maracuyá, badea, granadilla, gulupa) por abejas del género *Xylocopa* es un ejemplo clásico de la interrelación entre abeja y planta a través de la polinización. En Colombia *X. frontalis* y *X. fimbriata* son las dos especies que polinizan corrientemente estos cultivos. El gran tamaño de la flor hace necesario que abejas del porte de *Xylocopa spp.* sean los polinizadores eficientes, ya que son capaces de tocar anteras o estigmas cuando intentan coleccionar el néctar de las flores y por tanto efectuar la polinización. Es curioso que a pesar de la fidelidad del polinizador a la planta las abejas no recolectan pólen pero sí néctar (Mardan, 1995). Sin embargo en la tarea de recolección de néctar llevan granos de polen adheridos al dorso, que son transferidos para otras flores y de esta forma se promueve la polinización cruzada. Las técnicas para criar abejas carpinteras van desde el simple traslado de los troncos en que ellas anidan hasta la elaboración de sofisticados cajones de madera. Ya se ha demostrado

que la introducción de nidos de *Xylocopa* en cultivos de maracuyá incrementa en un 25% el porcentaje de fructificación (Camilo, 1996)

En Colombia, Caicedo et al (1993) determinaron que el sustrato preferido por *Xylocopa* en un cultivo de maracuyá en el Valle del Cauca era siempre madera muerta y por observaciones personales determinamos que los troncos viejos de *Theobroma cacao* (cacao) son preferidos por esos insectos para hacer sus nidos. Otras abejas que polinizan pasifloráceas son **Eulaema**, **Centris**, y **Ptiloglossa**.

4. **Euglossinae**: abejorros de las orquídeas. Estas abejas desempeñan un papel muy importante en el sistema de polinización del neotrópico. Los machos polinizan cientos de especies de orquídeas en la región neotropical (Dodson, 1967, Dressler, 1982) mientras que las hembras rara vez lo hacen. Mas de 600 especies de orquídeas dependen de los machos euglosinos para su polinización (Ackerman, 1986) y mas de 200 especies de abejas pueden actuar como sus visitantes. Este sistema de polinización esta restringido a las tierras bajas del trópico y bosques montanos.

Los machos de **Euglossa**, **Eulaema**, **Eufriesea**, son atraídos por las fragancias emitidas por las orquídeas y a menudo los polinarios se adhieren a sus cuerpos, que dejan en la siguiente flor que visitan. De esta manera estan promoviendo la polinización cruzada entre las orquídeas. Vainilla es polinizada por **Eulaema polychroma**, **speciosa**, **cingulata** y **nigrita**. El polinario es triangular y se adhiere al escutelo de la abeja. Solamente las flores con fecundación cruzada producen semillas fértiles. Las hembras euglosinas, por su parte, visitan varios tipos de flores en búsqueda de néctar y pólen, incluyendo algunas de corolas cortas (Michener, 2000). Según Roubik (1989) los euglosinos visitan por lo menos 23 familias vegetales para obtención de néctar, 9 para pólen y 3 para resinas.

Otros tipos de flores son polinizadas por los dos sexos de abejas euglosinas y ofrecen néctar como recompensa. Entre ellas están miembros de las Lecythidaceae, Gesneriaceae, Costaceae y Orchidaceae (Gerlach y Schill, 1991).

Gilber (1985) considera a los euglosinos como especies claves en la polinización de los bosques tropicales debido a su estrategia de forrajeo *trap-lining*: muchas

plantas presentan pocas flores pero que persisten por varios días o incluso semanas y según Janzen (1971) serían visitadas por *abejas trap-lining*, que tienen un rango de vuelo bastante largo y pueden viajar en búsqueda de recursos por largas distancias de forma que cubren áreas relativamente grandes (Roubik 1989).

5. **Bombus**-. Los abejorros son polinizadores eficientes de muchas plantas cultivadas debido a su gran tamaño (especialmente las reinas), el uso de sistema de vibración sobre las flores ("polinización por zumbido") y su capacidad de forragear a bajas temperaturas; en especial, por esta última particularidad es uno de los mejores polinizadores de la flora de las regiones altoandinas.

El trébol rojo (*Trifolium pratense*) es una especie vegetal muy utilizada como forraje para ganado, cuyas flores tienen una corola muy profunda que es solamente accesible a abejas de lengua larga; las especies de *Bombus* de lengua larga (p.e. *B. atratus*) son los mas efectivos polinizadores del trebol rojo, ya que son los únicos abejorros que alcanzan el néctar almacenado en las profundas corolas de esas plantas; solamente después de la importación de esas abejas a Nueva Zelanda se logró producir masivamente este forraje para el ganado (Roubik, 1995). *Apis mellifera* visita pero no poliniza esta planta.

El kiwi (*Actinidia deliciosa*) puede ser polinado por *Apis mellifera* o por *Bombus*; en Nueva Zelanda y en Europa están utilizando *Bombus* puesto que su eficiencia polinizadora es superior a la de la abeja melífera (Macfarlane 1995).

Las solanáceas son las plantas que más se benefician con la visita de *Bombus*: sus flores tienen anteras largas, con dehiscencia poricida que hace necesario un manejo especial del polinizador para obtener su pólen; *Bombus*, *Melipona*, *Euglossa*, *Eulaema*, *Eufriesea*, así como algunas abejas solitarias, utilizan los músculos indirectos de vuelo para "vibrar" y transmitir este movimiento a las anteras de forma tal que el pólen es expulsado y las abejas lo recogen rápidamente. Este sistema de polinización se conoce como "Buzz pollination" o "polinización por zumbido". Si bien las solanáceas producen poco o ningún néctar, ofrecen polen abundante, rico en proteínas (Buchmann 1995). Curiosamente *Apis mellifera* y otras abejas sin aguijón

no utilizan esta forma de recoger pólen, pero lo colectan utilizando otros métodos, que no siempre son los más eficientes. *Solanum quitoense* (lulo ó naranjilla) se cultiva mucho en Ecuador y Costa Rica. *Bombus* y quizás *Eulaema* son sus polinizadores principales. Los frutos producto de polinización son muchísimo más pesados que los polinizados por *Apis mellifera*. Se necesitan 8-10 colonias de abejorros por hectárea de cultivo en un invernadero.

En Europa existen tres empresas muy fuertes productoras de colonias de abejorros que abastecen toda Europa Occidental. Estas empresas se encuentran en Holanda y los Países Bajos; comenzaron su producción desde 1987. Emplean más de 300 personas con una producción media anual de 100.000 colmenas. Las colonias se comercializan con 50-60 individuos. En España se inició la comercialización desde 1990 y los mayores clientes son los productores del tomate (*Lycopersicon sculentum*) en invernadero a los que se les ha vendido aproximadamente 10.000 colonias (Ortiz, 1997). En muchos otros lugares del mundo los abejorros están siendo utilizados en programas de polinización dirigida. Incluso se ha llegado a exportar abejorros a otros países, p. ej. *B. terrestris* importado por Japón y Australia desde Europa para polinizar tomate en invernadero, aunque actualmente esta cuestionado por su efecto sobre las abejas nativas (Kearn et al, 1998).

Otras plantas para las cuales *Bombus* es polinizador eficiente son: Girasol (*Helianthus annuus*), calabazita italiana, zucchini (*Cucurbita pepo*) y Feijoa (*Feijoa sellowiana*) (Freitas 1998).

Recordemos que en Colombia existen 9 especies de *Bombus* que pueden ser potencialmente usadas para polinización. Pero para que se puedan establecer programas de polinización dirigida es necesario conocer la biología de las especies existentes en el país (hábitos de nidificación, ciclos de desarrollo, ciclos estacionales), adaptarlas a nidos artificiales y seleccionar las especies apropiadas para cada cultivo teniendo en cuenta sus características morfológicas, particularmente la longitud de su lengua y comportamentales, especialmente su comportamiento defensivo. Estudios preliminares indican que *B. atratus* es una especie muy defensiva que debería ser tratada con sumo cuidado si se quiere utilizar en polinización de cultivos (Mejía 1999). Actualmente se están popularizando los

invernaderos para cultivo de tomate en algunas regiones del país de manera que se hace necesario trabajo intensivo con estos abejorros para lograr su introducción como polinizadores de ese y otros cultivos; por observaciones personales y confirmado por Roubik (1995) se sabe que *Bombus* también es polinizador muy eficiente de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

6. Otras abejas y otros cultivos

Otros cultivos comerciales son visitados no solamente por *Bombus* sino también por otras especies tanto sociales como solitarias. Es el caso de *Cucurbita pepo* (calabazita italiana, zucchini)-Cucurbitaceae- polinizada por *Apis mellifera*, *Trigona spinipes*, *Xylocopa grisescens*, *Bombus morio*, *Ptiloglossa pretiosa*, en cultivos comerciales en Brasil (Avila et al, 1989); La polinización incrementa tanto el número de frutos por planta como el número de semillas por fruto. Investigaciones hechas en cultivos comerciales de la misma planta en los Estados Unidos mostraron que *Peponapis pruinosa* y *Xenoglossa* (Anthophoridae) son las abejas especializadas en la polinización de estos cultivos. *P. pruinosa* es superior respecto a *Apis mellifera* en la polinización de *C. pepo*. Para esas abejas las plantas del género *Cucurbita* son las fuentes únicas o principales de néctar y pólen. *C. melo*, *C. sativus* *C. anguria* (melón) producen néctar y polen muy atractivos para muchas especies de abeja (Roubik, 1995). El tiempo diurno de vuelo de estas abejas está sincronizado con la apertura y oferta de recursos por parte de la planta (Tepedino, 1981) *Feijoa sellowiana*: **Bombus**, **Xylocopa** y Halictidos pequeños son sus polinizadores; se ha demostrado que los frutos productos de polinización son 200-300% más pesados que los producidos por autopolinización y que la maduración se reduce en 10 días.

Girasol (*Helianthus agnus*) es un cultivo de importancia por la producción de semillas para obtención de aceite. Es autoincompatible y la polinización cruzada es obligatoria. Entre sus polinizadores se cuentan: **Megachilidae**, **Bombus** y otras abejas solitarias grandes. Algunos autores sostienen que *Apis mellifera* visita por néctar pero que no es polinizador efectivo (Hurd et al, 1980) *S. melongena* (berengena) es polinizada por **Exomalopsis**.

Malpighia glabra (acerola) proporciona aceites como atrayentes para abejas colectoras de aceites como

aquellas del género **Centris** (Westerkamp y Gottsberger, 2002).

De todas maneras antes de iniciar un cultivo de abejas con fines de polinización y/o producción es necesario:

1. Identificación de los polinizadores naturales de la especie vegetal seleccionada.
2. Estudio detallado de la biología de la especie polinizadora candidata.
3. Los datos biológicos se usaran para desarrollar métodos exitosos de nidificación, sobrevivencia de los inmaduros, control de parásitos, programas de reproducción y mejoramiento de la especie
4. Estudio del comportamiento de pecoreo de la especie candidata
5. Análisis de la eficiencia de la polinización en un cultivo de prueba.
6. Mantenimiento de una población estable y adecuada del polinizador, en el cultivo.

Introducción de especies foráneas como polinizadores

La introducción de cualquier especie extranjera en un nuevo ambiente siempre es un riesgo; no solo por que simultáneamente se pueden introducir parásitos y enfermedades, sino por que esto puede afectar las interacciones con las especies animales preexistentes o con los sistemas reproductivos de las plantas. Algunos ejemplos:

Bombus terrestris en Israel: invasivo, reducción en *A. mellifera* y abejas solitarias y desplazamiento de abejas nativas por depleción de néctar (Dafni y Schmida, 1996)

Bombus terrestris en Japón: hibridación y desplazamiento de las especies nativas de *Bombus*; no hay diferencias en eficiencia en polinización de tomates con las especies nativas (*B. hipócrita* y *B. ignitus*) las que no presentan riesgo ecológico ninguno (Asada y Ono, 1997)

En Chile Ruz (2002) comenta que en 1998 introdujeron *B. terrestris* para polinización de tomates en

invernadero: se ha comprobado su eficiencia en el aumento de la producción de tomates, pero no se ha evaluado su efecto sobre la fauna nativa.

Conviene anotar que la introducción de especies foráneas muchas veces ocasiona desequilibrios en los ecosistemas llevando a resultados negativos. Por ejemplo: *Bombus terrestris* fue introducido al Japon para polinizar tomates en invernadero, pero se salieron de control y ahora han desplazado a las poblaciones nativas de abejorros, con efectos nefastos para las poblaciones vegetales beneficiadas por su polinización (Kearns et al, 1999). Por eso es importante conocer y trabajar con las especies de polinizadores nativos.

3. Indicadores de calidad de hábitat.

La relevancia de los insectos se encuentra tanto en la alta diversificación que han alcanzado como en su papel primordial en procesos críticos para el mantenimiento de ecosistemas como polinización, dispersión de semillas, parasitismo, descomposición de material orgánica y reciclado de nutrientes (Didham et al, 1996). Además son mas baratos de estudiar que los vertebrados. Las abejas, debido a su alta diversificación ecológica y taxonómica, fidelidad ecológica, endemismos, abundancia, facilidad de encontrar, importancia funcional en los ecosistemas, sensibilidad a perturbaciones, capacidad de respuesta rápida y asociación con otras especies y recursos, y en particular los euglosinos (abejas de las orquídeas, recientemente han sido propuestas como indicadores de atributos de la biodiversidad en áreas de conservación (Bonilla, 1997). Kerr (1998)

4. Investigación científica.

Comparativamente con *Apis mellifera*, las abejas silvestres son desconocidas en nuestro medio. Hábitos de nidificación, comportamientos reproductivo, hábitos de pecoreo, defensa, asociación con otros organismos son algunos de los campos en los cuales se deben iniciar trabajos de investigación. Algunos grupos de abejas silvestres producen y utilizan sustancias químicas de muchas forma; por ejemplo: sintetizan compuestos para construir sus nidos, sintetizan alimentos para sus crías y se comunican mediante señales químicas (feromonas). De interés para el hombre es la regulación del comportamiento social mediante feromonas en abejas y termitas; la producción de seda y miel; la producción

de venenos por abejas, avispas y hormigas; el uso de atrayentes sexuales sintéticos para interrumpir los ciclos reproductivos de especies perjudiciales. Si bien algunos de estos productos y su función son conocidos en las abejas otros no tanto: abejas del género *Colletes* producen poliésteres utilizados para recubrir sus celdas de cría; *Hylaeus* (otro Coletido) hace las celdas de cría de seda secretada por las glándulas salivares (Batra, 1985). Este tema en particular, producción y uso de sustancias químicas por las abejas silvestres, es un campo promisorio de investigación.

Consideraciones generales

Generalmente cuando se habla de la conservación de la biodiversidad se mencionan plantas y animales...grandes: los grandes gatos, osos, ballenas, focas, reptiles, aves han generado importantes campañas para su recuperación, conservación protección...pero...y los insectos? Sobre los polinizadores vertebrados hay datos que indican que 1200 especies podrían encontrarse en riesgo. Sin embargo esta información no existe para los invertebrados (Allen-Wardel et al, 1998).

Excepto algunas especies de mariposas, los demás no tienen quien los defienda. Entre las abejas, *Apis mellifera* es la especie más estable, muy estudiada, con tecnología muy sofisticada para su conservación y explotación y aún así, las poblaciones han disminuido drásticamente en países como EEUU, donde se lleva un registro razonable del número de colonias existente en el país: el número de colonias manejadas comercialmente ha disminuido desde 5.9 millones en 1940 hasta 2.7 millones en 1995 (Kearns et al, 1998)) Que decir de aquellas especies que no producen miel o muy poca...aquellas que aparentemente no son útiles al hombre? ni se mencionan en esos programas.

Cerca de 320 especies de abejas sin aguijón están siendo destruidas en Brasil debido a factores como: quema de bosques, cazadores de miel, explotación irracional de bosque, fragmentación de áreas boscosas (Kerr, 1997).

La disminución de estos polinizadores reduce la producción de semillas en una proporción tal que se asemeja a los efectos de un gen semi-lethal; esto ha sido ilustrado por Kerr (1997) observando *Gliricidium*

sepium: con polinización se producen alrededor de 600 semillas por árbol; sin polinización tan solo 10 semillas. Su valor adaptativo cae desde 1.0 hasta 0.017. Además la polinización garantiza la formación de frutos y semillas fértiles que van a mantener la diversidad genética y garantizan la segunda, tercera y más generaciones. Si las abejas desaparecieran, los bosques modificarían su estructura, pues las plantas de polinización por abejas disminuirían tanto su capacidad de producir semillas que pronto se acabarían. Y si el bosque desapareciera? Por lo menos las abejas sin aguijón también desaparecerían en un lapso muy corto de tiempo.

Otra consecuencia ecológica importante de la disminución de los polinizadores es el efecto causado sobre otras poblaciones animales: En Brasil, Kerr (1998) registró como a pesar de la prohibición de cacería, las poblaciones del mono uacaris disminuyeron drásticamente: la razón? Tres especies de abejas sin aguijón, grandes y buenas productoras de miel (*Melipona seminigra*, *Melipona rufiventris* y *Melipona crinita*) son polinizadores de centenas de árboles frutales aprovechados por estos monos. Pero las poblaciones de indígenas y colonos se benefician de la miel de las abejas y no consideran agresión cortar un árbol del tres metros de circunferencia para sacar los nidos de cualquiera de estas especies. Con la disminución de las poblaciones de meliponinos se ha disminuido la oferta de frutos utilizados por los uacaris para su alimentación, con la consiguiente reducción de sus poblaciones.

Otro caso de "relaciones rotas" se detectó en Costa Rica (Vinson et al, 1993) cuando los abejorros del género *Centris*, recolectores de aceites, fueron disminuyendo en los bosques secos de Costa Rica por que desaparecieron sus sitios de nidificación debido a quemadas de partes del bosque para adaptar tierras a pastoreo; árboles que siempre ofrecieron recursos a las abejas y dependían de esta para su polinización, están en grave peligro de desaparecer.

Las prácticas de pastoreo también son enormemente lesivas sobre los sitios de nidificación de muchas abejas solitarias, como registró Sugden (1985) para especies de abejas de los géneros *Anthidium*, *Anthophora*, *Bombus*, *Colletes* y otras más en California.

Las abejas buscan néctar, polen, resinas, aceites, en un conjunto de especies de plantas que es diferente para

cada especie de abeja; de la misma forma, cada especie de planta tiene uno o varios polinizadores (Absy et al, 1984, Kerr, 1979), como demostró Absy en estudio hecho en la Amazonia brasilera: de 192 plantas visitadas por abejas sin aguijón observaron que el 42% era polinizada por una especie de abeja, el 12% por dos y las restantes 46 por tres o mas especies de meliponinos: desapareciendo una especie de abeja en esta región se verian afectadas 80 especies vegetales.

Sandino et al (1997) analizaron la distribución de abejas euglosinas en un gradiente de deforestación en el Bajo Anchicayá, durante dos años y establecieron que en las zonas de bosque intervenido la riqueza y abundancia de estas abejas disminuye, con la consiguiente pérdida de la diversidad genética debida a polinización.

La fragmentación de bosques reduce la presencia de los nichos esenciales para la reproducción, fuentes de alimento, abrigo agua y aun número de individuos, en muchas abejas silvestres.

La variabilidad genética de las plantas se mantiene gracias a la polinización cruzada facilitada por polinizadores. Al desaparecer estos las plantas se ven en la necesidad de convertirse en endogámicas obligadas produciendo cultivos inútiles, como la alfalfa (Bohart, 1985). Las especies vegetales mas vulnerables o que mas dependen de polinizadores son las dioicas, autoincompatibles, las que poseen un polinizador específico y las que se propagan solamente por semillas (Kearns e Inouye, 1997). El girasol (*Helianthus annuus*) es uno de estos casos: es incompatible, de polinización cruzada, obligatoria y depende de polinizadores como *Bombus*, *Megachilidae* y otras abejas grandes solitarias (Hurd et al, 1980).

A pesar de que *Apis mellifera* se considera abeja polinizadora por excelencia, no para todas las especies es igualmente eficiente; plantas cuyo sistema de polinización es por zumbido y vibración, como el tomate (*Solanum*) o el achiote (*Bixa orellana*) son polinizadas mas eficientemente por abejorros del género *Bombus* (Thompson, 1993) y abejas del género *Melipona* (Maues y Venturieri, 1995) respectivamente. De la misma forma, cultivos que no atraen mucho a *Apis mellifera* (Bohart, 1972, Nogueira-Cuoto et al, 1997, Pardo y Nates, 1997) o cultivos mantenidos en invernadero dan mejores resultados cuando se utilizan abejas nativas, p. ej. abejas

sin aguijón, que además, por la ausencia del aguijón, se prestan mas para un manejo seguro.

Perspectivas

Acogiéndonos a la propuesta mundial de Rescate de los Polinizadores Olvidados y teniendo presente que la situación de las abejas es cada vez mas crítica, se hace necesario no solamente seguir con el inventario de la fauna Apoidea del país, sino también estudiar las relaciones precisas con la vegetación. De la conservación de las abejas depende la conservación de los bosques y de ellos las de otros organismos incluso las mismas abejas. Es un círculo que se debe mantener para garantizar un planeta saludable para las generaciones futuras.

La forma de conservar los polinizadores y en este caso específico, las abejas ha de ser promoviendo su conocimiento integral. Los siguientes aspectos servirán como puntos de partida.

1. Identificación de las especies de abejas silvestres del país.
2. Reconocimiento de las especies con usos potenciales.
3. Identificación de polinizadores naturales para una especie vegetal dada y en regiones particulares.
4. Estudios detallados de Biología, hábitos de nidificación, comportamiento de forrageo, reproducción etc.
5. Implementación de nidos artificiales
6. Establecimiento de las técnicas de manejo
7. Evaluación de cada uso (producción, polinización, monitoreo de biodiversidad, producción científica)

Bibliografía

- Absy, M. I., Camargo, J.M.F., Kerr, W. E., Miranda I. P. A. 1984. Especies de plantas visitadas por Meliponinae (Hymenoptera : Apoidea), para coleta de polen na regio do Medio Amazonas. Rev. Bras. Biol. 44(2) :227-237
- Alexander, B. y Ch. Michener. 1995. Phylogenetic studies of the family of the short-tongued-bees. University of Kansas Science Bulletin 55:377-424
- Allen-Wardel, G., B. Bitner, R. Burques, A. Buchmann, S. Cane et al, 1998. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yield. Conserv. Biol. 12:8-17
- Avila, C., M.R.Martinho y J.P.de Campos 1989. Polinizaco e polinizadores na producao de frutos e sementes híbridas de abobora (*Cucurbita pepo*). Ann. Soc. Entomol Brasil. 18(1):13-19
- Barros, J.R. S. 1994 Genetica da capacidade de producao de mel com Abelhas *Melipona scutellaris*, con meliponicultura migratoria y su adaptabilidade no Sudeste do Brasil. Tesis Maestría UNESP, Jaboticabal, Brasil
- Batra, S. 1985 Polyester-making bees and other innovative insecta chemists. Jour.Chem.Educ.62:121-124
- Bohart, G.E. 1957. Pollination of alfalfa and red clover. Ann. Rev. Entomol. 2:355-380
- Bohart, G. E. 1972w. Management of wild bees for pollination of crops. Ann. Rev. Of Entomol. 17:287-312
- Bonilla, M.A. y G. Nates-Parra 1992. Abejas euglosinas de Colombia (Hymenoptera :Apidae :Euglossinae) I Claves ilustradas. Caldasia 17 :149-172
- Bonilla M. A. 1997. Uso de las abejas euglosinas para monitoreo de la biodiversidad en áreas de conservación. Tacayá 7 : 2-7
- Brothers, D. J. 1975. Phylogeny and clasification of the aculeate Hymenoptera, with special reference to the Mutillidae. University of Kansas Science Bulletin 50 :483-648
- Buchmann, S. L. 1983. Buzz pollination in angiosperms. En: Handbook of experimental pollination biology, C. E. Jones, R.J. Liittle (eds). New York. Pp.73-113
- Buchmann, S.L. y G.P. Nabhan 1996 The forgotten pollinators. Island Press, Washington, D. C. & Shearwater Books, Covelo, California
- Cabrera, G. y G.Nates, 1999 Uso de las abejas por comunidades indígenas:Los Nukak y las abejas sin aguijón. III Encuentro IUSSI Bolivariana: 59-70, Bogotá, Colombia
- Caicedo, R. G., G. H. Vargas y H. Gaviria, 1993. Estudio del modelo natural de asentamiento en *Xylocopa* (Hymenoptera:Anthophoridae) para la adaptación de refugios en el cultivo de maracuya (*Passiflora edulis* var. Flavicarpa, Degener). Rev. Col. De Entomol. 19(2)72-78
- Camilo, E. 1996 Utilizaco de especies de *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae) Na polinizaco do maracuya amarelo. Anais do II Encontro sobre abelhas 2: 141-146., Ribeirao Preto, Brasil
- Camilo, E. 1998. Polinizaco en abelhas solitarias. Anais XII Congreso Brasileiro de Apicultulra: 107-112, Salvador, Bahia, Brasil
- Costanza, R. , et al, 1997 The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 387 : 253-269
- Crane, E. Y P. Walker, 1983. The impact of pest management on bees and pollination. International Bee Research Asociation, London: 129 p.
- Cruz, S. 1996. Abejas carpinteras de Colombia(Hymenoptera:Apidae:Xilocopini) Trabajo de Grado, Departamento de Biologia, Universidad Nacional de Bogotá, Colombia.
- Cuervo, M. 2002.....

- Didham, R., J. Ghazoul, N.E. Sztork y A. J. Davis 1996. Insect in fragmented forest: a functional approach. *Trends in ecology and Evolution* 11:255-260
- Falchetti, A. 1997 La ofrenda y la semilla: nota sobre el simbolismo del oro entre los Uwa. *Bol. Museo del Oro* 43: 3-37
- Falchetti, A. y G. Nates-Parra . 2002 Las hijas del sol :Las abejas sin aguijón en el mundo Uwa, Sierra Nevada del Cocuy, Colombia. En *Rostros Culturales de la Fauna, Instituto Colombiano de antropología e historia y Fundación Natura*, pags: 175-214
- Fernandez, F, y G. Nates-Parra. 1985 Hábitos de nidificación en abejas carpinteras del género *Xylocopa*. *Rev. Col. Entomol.* 11(2):36-41
- Freitas, B. 1998 a A importancia relativa de *Apis mellifera* e outras especies de abelhas na polinizacao de culturas agrícolas. *Anais do III Encontro sobre abelhas: 10-20*. Ribeirao Preto, Brasil,
- Freitas, B. 1998b Avaliação da eficiencia de polinizadores potenciais. *Anais XII Congresso Brasileiro de Apicultura: 105-107*
- Giron, M. 1996 Melisopalinoología: Recolección de pólen y néctar por *Apis mellifera* en algunas especies de plantas silvestres y cultivadas del municipio de Salgar (Antioquia). *Universidad del Quindío, Colombia*, 84 págs.
- González, V.H. y G. Nates-Parra 1999. Sinopsis de Parapartamona (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) un género estrictamente Andino. *Rev. Acad. Col. Cien.* 23 (Suplemento Especial): 171-180
- Heard, T. 1999. The role of the stingless bees in crop pollination. *Annu. Rev. Entomol.* 44:183-206
- Hurd, P., W. LaBerge y G. Linsley. 1980. Principal sunflowers bees of North America with emphasis on the Southwestern Unmited States (Hymenoptera:Apoidea). *Smithsonian Contribution to Zoology* No. 310. 158 pgs.
- Jara, F. 1996 La miel y el aguijón: taxonomía zoológica y etnobiología como elementos en la definición de las nociones de género entre los Andoke (Amazonía Colombiana). *Journal de la Societé des americanistes* 82:209-258
- Kearns, C. y D.W.Inuoye. 1993. *Techniques for pollination biologists*. University Press of Colorado. 583 pgs.
- Kearns, C., D. Inuoye y N. Waser 1998. Endangered mutualisms: The conservation of plant pollinator interactions. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 29:83-112
- Kerr, 1979, W. E. Papel das abelhas sociais na Amazonía. *Anais do simposio Internacional da Apimondia sobre Apicultura en clima quente*. Florianopolis, Brasil: 119-129
- Kerr, W. E. 1997 Native Bees : A neglected issue in the conservation and use of genetic resources. *Proceedings of a workshop to develop guidelines for the CGIAR* : 60-61. Foz de Iguaçu, Brasil
- Kerr, W.E. . 1998 As abelhas e o meio ambiente. *Anais XII Congresso Brasileiro de Apicultura* : 27-30 . Salvador, -Bahia, Brasil
- Liévano, A. , R. Ospina, y G. Nates-Parra 1991. Distribución altitudinal del género *Bombus* en Colombia (Hymenoptera :Apidae) *Trianea*, 4 :541-550
- Maeta, y. Et al. 1992. Utilization of the brazilian stingless bee *Nannotrigona testaceicornis* as pollinator of strawberries. *Honey Sci.* 13:71-75
- Mardam, M. 1995 Varied pollinator for Southeast Asian crops. *FAO Agricultural Services Bulletin* 118: 142-148
- Mejía, A. 1999 Revisión de aspectos de nidificaciónn y ciclo de desarrollo en *Bombus atratus* (Hymenoptera:Apoidea) con fines comerciales. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

- Michener, C.D. 1965 A generic review of Dufoureae of the Western Hemisphere (Hymenoptera:Halictidae). *Ann. of Entomol. Soc. of Am.* 588(3):321-326
- Michener, Ch. 1974 The social behavior of the bees. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass. 404 pp.
- Michener, Ch. 1990 Classification of the Apidae (Hymenoptera). *The Univ. of Kansas Science Bull.* 54(4) : 164 pp.
- Michener, C.D. YL. Greenberg. 1980 Ctenoplectridae and the origin of long-tongued bees. *Zoo. Jour. Of the Linnean Soc.* 69: 183-203
- Michener, Ch., R. McGinley y B. Danforth, 1994 The bee Genera of North and Central America (Hymenoptera :Apoidea)
- Moreno, E. y W. Devia, 1982 Origen botánico de la miel y el polen almacenados por las abejas *Apis mellifera*, *Melipona eburnea* y *Trigona (Tetragonisca) angustula* en Arbelaez, Cundinamarca. Trabajo de Grado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Nates-Parra, G. y O. Cepeda 1983. Comportamiento defensivo en algunas especies de meliponinos colombianos (Hymenoptera :Meliponinae). *Bol. Dpto. Biología, Universidad Nacional de Colombia* 1(5) :65-82
- Nates-Parra, G., A. Villa y C. Vergara. 1989 Ciclo de desarrollo de *Trigona (Tetragonisca) angustula* Lat. 1811 (Hymenoptera : Trigonini). *Acta Biol.Col.* 1(5) : 91-98
- Nates-Parra, G. y V. H. González 2000. Las abejas silvestres de Colombia: por qué y como conservarlas. *Acta Biológica Colombiana* 5(1): 5-37
- Nates-Parra, G. 1983 Abejas de Colombia. 1. Lista preliminar de algunas especies de abejas sin aguijón (Hymenoptera :Apidae :Meliponinae). *Rev. Biol. Trop.* 31(1) :155-158
- O'Toole, C. 1993. Diversity of native bees and agroecosystems. In *Hymenoptera and Biodiversity*, ed. J. LaSalle y ID. Gauld. pp 169-196.
- Parra, G. 1984 Censo parcial de las abejas sin aguijón (Apidae :Meliponinae) del Occidente Colombiano. *Cespedesia.* 13(4) : 277-290
- Pardo, R. y G. Nates-Parra, 1994. Aumento de visitas florales en *Apis mellifera* en cultivos al usar feromona de Nasanov sintética. *Rev. Col. Entomol.* 20(3):187-192
- Posey, D. y J.M.F. Camargo, 1985. Adicional notes on the classification and knowledge of stingless bees (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera) by the Kayapo Indians of Gorotire, Para, Brasil. *Ann. Carneg. Mus.* 54(8):247-274
- Raw, A. 1979. *Centris dirrhorda* (Anthophoridae), the bee visiting West Indian Cherry flowers (*Malpighia puniceifolia*). *Rev. Biol. Trop.* 27(2):283-285
- Richards, K. 1984 Alfalfa leaf-cutter bee management in Western Canada. Publicación No. 1495 Ottawa, Can: Agric. Can.
- Richards, K. 1993. Non-*Apis* bees as crop pollinators. *Rev. Suisse Zool.* 100:807-822
- Roig-Alsina, A. y C. Michener 1993 Studies of the phylogeny and the classification of long tongued bees. *University of the Kansas Science Bulletin* 55:123-162
- Roubik, D. 1989 Ecology and Natural History of tropical Bees. 514 ppg. Cambridge Univ. Press. Cambridge, U.K.
- Roubik, D.W. 1995 Pollination of cultivated plants in the tropics. *FAO Agricultural Services Bulletin* 118 :1-6

Sandino, J.C., J.T. Otero, y M. Santaella. 1997 Dos años de la distribución de machos de las abejas euglosinas (Apidae, Euglossinae) en un gradiente de deforestación, Bajo Anchicayá. Primer congreso de Biología de la Conservación, Resúmenes,, pag. 71, Cali, Colombia.

Sihag, R. C. 1983 Life cycle pattern, seasonal mortality, problem of parasitization and sex ratio pattern in alfalfa pollination megachilid bees. S. Angew. Ento.96:368-379

Sihag, R.C. 1995. Management of subtropical solitary bees for pollination . En pollination of cultivated plants in the tropics:157-159. FAO Agricultural Service Bulletin

Snelling, R. 1981 Systematics of Social Hymenoptera. Social Insects Vol II Cap.5:369-453

Tepedino, V. 1981 The pollination efficiency of the squash bee (*Peponapis pruinosa*) and honey bee. Entomol Soc. 543(2): 359-377

Westerkamp, C. 1991 Honeybees are poor pollinators-why?. Plant Systematics and Evolution 177:71-75

Westerkamp, C. y G. Gottsberger 2002 The costly crop pollination crisis. En Pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature. P. G.,Kevan , V. L. Imperatriz-Fonseca (eds). Brasilia, Ministerio del Medio ambiente pp. 51-56

Vergara, C. y A. Villa, 1982 Algunos aspectos de la biología y comportamiento de *Trigona angustula* (Hymenoptera :Apidae) Trabajo de grado. Biología, Universidad nacional de Colombia, Bogotá.

Wilson, O. 1971 The insect Societies. Belknap Press of Harvard University Press. Caambridge. 548 pp.

Uso de herramientas moleculares en el control biológico

Juan Manuel Alvarez

Departamento de Suelos y Ciencias Entomológicas. Universidad de Idaho, EEUU

En años recientes ha habido un interés creciente en el uso de organismos transgénicos como componente de sistemas de desarrollo agrícola. Sin duda alguna el debate acerca de los riesgos ecológicos y de los beneficios de usar organismos transgénicos para combatir artrópodos plaga es bastante extenso (Trewavas 1999, Wolfenbarger and Phifer 2000). Sin embargo, la contribución de las tecnologías moleculares va más allá del desarrollo de organismos transgénicos. Entre las áreas de manejo de artrópodos plaga que podrían beneficiarse está el control biológico.

El éxito o fracaso de un programa de control biológico puede depender en gran medida de la correcta identificación de la plaga o del enemigo natural. Los enemigos naturales más efectivos presentan alta especificidad sobre sus insectos huéspedes (Alvarez *et al.* 1999, Menalled *et al.* 2003). Por tanto la correcta identificación es especialmente importante cuando la plaga o el enemigo natural tienen especies relacionadas cercanamente las cuales son morfológicamente indistinguibles (especies crípticas). Rosen (1986), en su capítulo sobre control biológico y especies crípticas, presenta una serie de ejemplos donde la incorrecta identificación de la plaga o de los enemigos naturales fue la causa de fracasos costosos en diferentes proyectos de control biológico.

Investigadores trabajando en control biológico han descubierto un creciente número de especies crípticas de parasitoides donde los caracteres morfológicos no son útiles para separarlas. En los últimos 40 años, herramientas bioquímicas y moleculares han permitido a los investigadores explorar las diferencias entre poblaciones a nivel genético. De acuerdo a DeBach (1969), todas las diferencias genéticas entre enemigos

naturales pueden ser importantes, sin importar que tan hábil sea el investigador separando estas especies morfológicamente. El análisis en la variación de alozymes (un reflejo de cambios en los genes que codifican por ellas) ha sido el método molecular dominante usado en la ecología de insectos desde los sesentas.

El método conocido como electroforesis de gel de almidón de proteínas alozámicas, o simplemente electroforesis de enzimas, fue el primer sistema molecular realmente útil para trabajos ecológicos. Aunque la electroforesis de enzimas es barato y relativamente fácil, únicamente investiga alguna variación en la clase más conservada de ADN (el ADN codificador), subestimando la cantidad de variación genética en el ADN que no codifica (Alvarez 2001). Este ADN que no codifica, o que al menos aún no sabemos su función, ha sido llamado ADN "basura" o "parasítico" o "egoísta" y puede constituir entre el 30 y el 90% del genoma de un insecto (Hoy, 2003).

La reciente llegada de nuevas técnicas moleculares para investigar directamente la variación en la molécula de ADN ha incrementado la precisión y resolución, y facilitado el análisis de diferentes tipos de preguntas relevantes en control biológico.

Las técnicas moleculares que trabajan con ADN podrían resolver en parte el problema de la sistemática inadecuada de algunos grupos de enemigos naturales (Alvarez 2001). Igualmente, las técnicas moleculares podrían servir para evaluar el éxito o fracaso en el establecimiento de enemigos naturales, estudiar sus patrones de dispersión, y documentar la divergencia genética entre y dentro de poblaciones de enemigos naturales y plagas. A pesar de esto, pocos son los

ecologistas de campo y entomólogos que han incorporado herramientas moleculares en sus programas de investigación (Snow and Parker 1998).

Las técnicas moleculares han sido y continúan siendo desarrolladas para proveer marcadores moleculares adecuados para analizar diferentes niveles de variación genética (Caterino *et al.* 2000). Los marcadores genéticos son usados para estudiar la distribución de la variación genética entre poblaciones, dentro de poblaciones y entre especies. La herramienta molecular que se va a usar dependerá de la clase de problema que necesita resolverse, el costo, que tan difícil es usarla, y el número de individuos que se van a analizar. La parte del genoma que se va a investigar dependerá del nivel de variación que el o la investigador/a necesita resolver.

Las herramientas moleculares prometen ser útiles para resolver algunos de los problemas con la inadecuada sistemática. Ahora se presentan varios ejemplos donde las herramientas moleculares han resuelto dichos problemas:

El minador Asiático de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), fue detectado por primera vez en los Estados Unidos, en el estado de la Florida en 1993 (Hoy y Nguyen 1997). Inmediatamente se inició un programa de control biológico clásico en contra de esta plaga y se introdujeron dos poblaciones del parasitoide *Ageniaspis* (Hymenoptera: Encyrtidae) a la Florida. Una población venía de Australia y la otra de Taiwán. Las dos poblaciones no se pueden distinguir morfológicamente y los taxónomos especialistas en esta familia de insectos identificaron ambas poblaciones como *Ageniaspis citricola* Logvinoskaya. Alvarez (2001), usó varias herramientas moleculares para resolver preguntas taxonómicas relacionadas con el estatus de biotipo o de especies crípticas, para analizar los patrones de establecimiento de las dos poblaciones, para determinar la pureza de las dos poblaciones, y también para detectar la presencia de la bacteria endosimbionte llamada *Wolbachia* en los parasitoides de las dos poblaciones y en su insecto hospedero.

El nivel taxonómico al cual genes específicos o regiones de nucleótidos son útiles varía con los taxones. En experimentos adicionales, Alvarez y Hoy

(2002), estudiaron la utilidad filogenética relativa de un segmento de un gen mitocondrial codificador de proteínas (CO1) y de una región ribosomal no codificadora (ITS2), para las poblaciones Australianas y Taiwanesas de *Ageniaspis* y para *A. fuscicollis* Dalman, la cual es una especie de parasitoide de minadores del cedro que está presente en Europa únicamente. Después de clonar y secuenciar estos segmentos mitocondriales y ribosomales, las secuencias fueron usadas para construir árboles filogenéticos que mostraron que la población Australiana había divergido significativamente de la población Taiwanesa.

Hay cientos y algunas veces miles de copias de los genes del ADN ribosomal organizados en secuencias. Cada secuencia consiste de regiones que codifican por tres subunidades (18S, 5.8S y 28S). Estas subunidades están separadas por dos espaciadores transcritos internos (ITS por su sigla en inglés: Internal Transcribe Spacer): el ITS1 y el ITS2. El ITS2 es fácil de amplificar con PCR por la misma razón que hay muchas copias en un individuo. Usualmente las diferencias entre los ITS2 de poblaciones y especies es expresada como una filogenia (Alvarez y Hoy 2002).

En trabajos previos, varios investigadores han demostrado que hay variación en la secuencia del ITS2 dentro de un mismo individuo (Onyabe y Conn 1999, Hugall *et al.* 1999, y Harris y Crandall 2000) y que esta variación puede resultar en la creación de filogenias erróneas si las variantes dentro de un individuo and entre individuos difieren tanto como las variantes entre poblaciones y especies (Rich *et al.* 1997). Alvarez (2002) demostró que aunque existía variación en el ITS2 entre y dentro de individuos de las dos poblaciones de *Ageniaspis*, dicha variación no afectó las conclusiones anteriores. Para esto, más clones que contienen el producto de PCR del ITS2 fueron secuenciados por cada individuo de cada una de las poblaciones analizadas para determinar si la evolución concertada había homogenizado todas las copias del ADN ribosomal dentro y entre individuos.

Experimentos adicionales usando la herramienta molecular llamada RAPD-PCR por su sigla en inglés, Random Amplified Polymorphic DNA – Polymerase Chain Reaction, son presentados. Los RAPDs

servieron para distinguir confiablemente entre las poblaciones del *Ageniaspis*. Como las dos poblaciones de *Ageniaspis* fueron introducidas a la Florida casi al tiempo, y luego se establecieron en los cultivos de cítricos, no se tenía certeza de si las dos poblaciones se habían establecido o solo una de ellas lo había logrado. Un muestreo de individuos colectados 10 sitios en 7 diferentes condados floridianos fue llevado a cabo para analizar la proveniencia geográfica de los *Ageniaspis* establecidos. ADN de los individuos muestreados fue utilizado para las pruebas con los RAPDs y se pudo concluir que todos los individuos provenían de Australia y que por tanto probablemente los individuos Taiwaneses no se pudieron establecer en Florida. Estas conclusiones permitieron seleccionar individuos de *Ageniaspis* para ser enviados a diferentes sitios del Caribe y de Sur y Centro América con condiciones climáticas similares a la Florida.

Finalmente se presentan experimentos con herramientas moleculares que permiten la amplificación del ADN de organismos endosimbiontes como *Wolbachia*. *Wolbachia* es una bacteria que infecta los tejidos reproductivos de los artrópodos y que es transmitida maternalmente en el citoplasma (Hoy *et al.* 2003). Jeyaprakash and Hoy (2002), reportaron que el 76% de 63 especies de artrópodos estaban infectados con esta bacteria. Esta bacteria afecta la reproducción de sus huéspedes en diferentes formas, incluyendo causando la incompatibilidad reproductiva entre poblaciones (Stouthamer 1997). Por esta razón varios investigadores creen que esta bacteria está involucrada en varios procesos de especiación (ejemplos son presentados).

Con el uso de la técnica llamada PCR Largo, *Wolbachia* fue identificada en las dos especies crípticas de *Ageniaspis* y en su hospedero, el minador de los cítricos. Clonando y secuenciando el gen *wsp*, el cual codifica por una proteína de la superficie de *Wolbachia*, reveló diferentes infecciones en individuos de *Ageniaspis*. Análisis filogenéticos fueron realizados con las secuencias del gen *wsp*.

Referencias

- Alvarez, J.M. 2000. Use of molecular tools for discriminating between two populations of the citrus leafminer parasitoid *Ageniaspis* (Hymenoptera: Encyrtidae). Ph.D. dissertation. Department of Entomology and Nematology. University of Florida. Gainesville. 90 pp.
- Alvarez, J.M. y Hoy, M.A. 2002. Evaluation of the ribosomal ITS2 DNA sequences in separating closely related populations of the parasitoid *Ageniaspis* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 95: 250-256. Alvarez, J.M. and M.A. Hoy. 2002.
- Alvarez, J.M. y Hoy, M.A. 2003. RAPD-PCR useful for discriminating between two *Ageniaspis* (Hymenoptera: Encyrtidae) populations introduced into Florida as natural enemies of the citrus leafminer. Sin publicar.
- Alvarez, J.M., Van Driesche, R.G., y J. Cornell. 1999. Effect of *Encarsia* nr. *diaspidicola* (Hymenoptera: Aphelinidae) Parasitism on *Cybocephalus* nr. *nipponicus* (Coleoptera: Cybocephalidae) egg laying choices. *Biological Control* 15: 57-63.
- Caterino, M.S., Cho, S., y Sperling, F.A.H. 2000. The current state of insect molecular systematics: a thriving tower of Babel. *Annu. Rev. Entomol.* 45, 1-54.
- DeBach, P. 1969. Uniparental, sibling and semi-species in relation to taxonomy and biological control. *Israel J. Entomol.* 4, 11-28.
- Harris, D.J. y Crandall, K.A. 2000. Intragenomic variation within ITS1 and ITS2 of freshwater crayfishes (Decapoda: Cambaridae): implications for phylogenetic and microsatellite studies. *Mol. Biol. Evol.* 17, 284-291.
- Hoy, M.A. 2003. Insect molecular genetics. An introduction to principles and applications, 2nd edition, Academic Press, Orlando, FL 544 pp.

Hoy, M.A. y Nguyen, R. 1997. Classical biological control of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae): theory, practice, art, and science. *Trop. Lepidoptera* 8 (Suppl. 1), 1-19.

Hoy, M.A., A. Jeyaprakash, J.M. Alvarez, y M. Allsopp. 2003. *Wolbachia* is present in the honeybees *Apis mellifera capensis*, *A.m. scutellata* and their hybrids in Southern Africa. *Apidology* 34: 53-60.

Hugall, A., Stanton, J., y Moritz, C. 1999. Reticulate evolution and the origins of ribosomal internal Menalled, F., J.M. Alvarez, y D. Landis. 2003. systems. *International Journal of Ecology*, in press.

Rich, S.M., Rosenthal, B.M., Telford, S.R. III, Spielman, A., Hartl, D.L., y Ayala, F.J. 1997. Heterogeneity of the internal transcribed spacer (ITS-2) region within individual deer ticks. *Insect Mol. Biol.* 6, 123-129.

Snow, A.A. and Parker P.G. 1998. Molecular markers for population biology. *Ecology* 79: 359-360.

Stouthamer, R. 1997. *Wolbachia*-induced parthenogenesis, pp. 102-124. In S.L. O'Neill, A.A. Hoffmann, and J.H. Werren (eds.). *Influential passengers, inherited microorganisms and arthropod reproduction*. Oxford University Press, Oxford.

Trewavas, A. 1999. Much food, many problems. *Nature* 402: 231-232.

Wolfenbarger, L.L. and Phifer, P.R. 2000. The ecological risks and benefits of genetically engineered plants. *Science* 290: 2088-2093.

Uso de marcadores moleculares en el estudio taxonómico y de poblaciones: Ejemplo con un vector de malaria, *Anopheles darlingi* (Díptera: Culicidae)

Dr. Ranulfo González

Departamento de Biología, Universidad del Valle

Uno de los frentes de investigación sobre el problema de la malaria se centra en el estudio de sus vectores con miras a ofrecer alternativas de control de la enfermedad mediante el control de éstos. Un aspecto importante en estos programas, es una clara determinación específica ya que éstas presentan diferencias en su ecología, capacidad vectorial y respuesta a las medidas de control. Lo anterior se dificulta cuando se presentan complejos de especies enmascarados en especies isomórficas, que dada su bionomía y capacidad vectorial diferente, no tienen la misma importancia epidemiológica. El polimorfismo fenotípico que es observado en algunas especies dificulta también el trabajo de identificación, haciendo que los programas muchas veces orienten mal las medidas de control. Es muy importante por lo tanto adelantar estudios conducentes a la clarificación del estatus taxonómico de una especie lo cual conduce igualmente a un análisis de la variación genética en poblaciones naturales y de los factores que influyen sobre ésta. En este sentido, la Genética de Poblaciones es un área de conocimiento valiosa para el estudio de vectores, ya que es importante para entender la evolución o los cambios de la composición genética de una población y también para predecir el efecto de fenómenos tales como segregación, recombinación, transposición y mutación en una población (Tabachnick & Black 1996). Es conveniente resaltar que la gran mayoría de las variaciones fenotípicas en una población no es explicada por una simple base genética y a veces tiene también una componente ambiental, fisiológica y bioquímica (Black & Munstermann 1996).

La variación genética de las poblaciones puede ser calculada a partir de la caracterización de la variación genética obtenida por medio de diferentes técnicas tales como mutantes morfológicos, inversiones cromosómicas, isoenzimas, y más recientemente los marcadores de ADN o moleculares (Microsatélites, SSLP's, RAPD'S-PCR, RFLP'S, AFLP'S, secuenciación de nucleótidos) los cuales se han convertido en herramientas muy útiles para el análisis de individuos de diferentes grupos naturales (Tabachnick & Black 1996). La selección de una técnica tiene como base el tipo de ADN que se obtiene y la hipótesis que se quiera probar, es decir cual es la aplicación que queremos (¿Diversidad, parentesco, parecido genético, sistemas de apareamiento, variación geográfica, zonas de hibridación y límite de especies, filogenia?) (Tabachnick & Black Op.cit.). En la tabla 1 se consignan las características más sobresalientes de los marcadores moleculares más utilizados en taxonomía y genética de poblaciones. RAPD-PCR y AFLP's son dos de las técnicas más prácticas de realizar, en este escrito presentare resultados obtenidos con estos dos marcadores en *An. darlingi*, el principal vector de malaria en las Américas.

Según Yan *et al.* (1999) tanto RAPD-PCR como AFLP son técnicas que comparten algunas afinidades. Cuando los diferentes amplicones son separados en geles de poliacrilamida con base en su tamaño molecular, es posible discriminar diferencias de hasta 1 bp, minimizando de este modo el problema de que los productos PCR de diferentes loci con tamaño molecular similar no se resuelvan. Además el RAPD-

PCR frecuentemente amplifica secuencias repetitivas mientras que los amplicones AFLP incluyen tanto secuencias simples o de baja complejidad como también secuencias repetitivas dependiendo de la complejidad del genoma.

Con la técnica de RAPD-PCR un solo oligonucleotido puede producir varios fragmentos detectables a partir de un mismo molde de ADN y en conjunto, dependiendo de las características del oligonucleotido, generar un polimorfismo genético, el cual puede incrementarse mediante el uso de varios oligonucleotidos sobre la misma muestra de ADN (Ferreira & Grattapaglia Op. cit.).

Black (1993) y Black & Munstermann (1996) discutieron las ventajas y limitaciones del RAPD-PCR. De acuerdo con estos investigadores, esta técnica permite: obtener información relativamente rápida sobre el polimorfismo genético de la o las taxa, diferenciar subespecies y especies crípticas, obtener información aplicable a genética de poblaciones y tener una huella digital genética. Además es un método poco costoso, no requiere del uso de radiactividad y es relativamente fácil de aprender y adaptar en los laboratorios. Pero también tiene problemas técnicos y limitaciones prácticas, requiere de un largo proceso de estandarización y no es reproducible entre laboratorios. La mayoría de las bandas obtenidas (>95%) segregan como marcadores dominantes y no es posible diferenciar si un segmento de ADN es amplificado de un locus que es heterocigoto (una copia) u homocigoto dominante (2 copias). Según Ferreira & Grattapaglia (Op. cit.) cuando se observa una banda en el gel no es posible diferenciar si aquel fragmento se origino de una o dos copias de la secuencia amplificada, es decir que no es posible saber si es un individuo diploide homocigótico para ese locus RAPD o corresponde a uno heterocigótico con solamente el alelo dominante amplificado. Por otro lado, el uso de estos dos tipos de marcadores en análisis filogenéticos es limitado y no recomendable, ya que la presencia de bandas compartidas entre especies no revela una verdadera relación filogenética entre estas taxa, debido a que se asume homología entre caracteres, lo cual no es cierto. Con estas técnicas las bandas que comigran en dos

especies no necesariamente representan regiones homólogas, puede que no tengan secuencias similares y las regiones homólogas puede que no sean amplificadas en ambas especies y si se presenta, podrían variar en tamaño (el número de mutaciones variaría).

El uso de RAPD en taxonomía es viable con base en la revelación de patrones especie-específico. Wilkerson et al. (1993) demostraron que los patrones RAPD son especie-específicos en *An. gambiae* y *An. arabiensis*. Wilkerson et al. (1995) la uso para diferenciar especies del complejo *Albitarsis*. Black (1995), Kambhampati et al. (1992), Ballinger-Crabtree et al. (1992) probaron esta técnica en la identificación de mosquitos individuales y de poblaciones a nivel subespecífico, así como en la investigación de relaciones genéticas de poblaciones. Recomendaron su uso con fines taxonómicos en especies isomórficas y para explicar el papel epidemiológico de diferentes poblaciones geográficas de una especie. Adicionalmente Black (1995), Apóstol et al. (1996), Excoffier et al. (1992) han propuesto una serie de "software" para análisis taxonómico y de parámetros de genética de poblaciones con este tipo de marcador.

AFLP tiene como base la amplificación selectiva de un "subset" de fragmentos de restricción genómicos utilizando la técnica de reacción en cadena de la polimerasa. Al igual que RAPD, permite no solo evaluar la existencia de polimorfismos entre muestras si no también determinar sus relaciones genéticas o la identidad específica de una muestra (Vos et al. 1995).

El polimorfismo AFLP dependerá de la relación entre lado tiene gran poder de detección de la variabilidad genética, no requiere de información previa de la secuencia de ADN y dado que utiliza "primers" más largos, durante el proceso de PCR, aumenta significativamente la especificidad de la amplificación. Por ello, es una técnica que tiene la ventaja de la PCR específica y la de RAPD de explorar secuencias arbitrarias.

Sin embargo, al igual que los marcadores RAPD, la principal limitación de AFLPs es el contenido de

Tabla 1. Características generales de algunos marcadores moleculares (Adaptada de Ferreira & Grattapaglia 1998).

Característica	RFLP	RAPD	AFLP	Microsatélites
Expresión genética	Codominante	Dominante	Dominante	Codominante
Numero de alelos/locus	Multialélico	Binario	Binario	Altamente multialélico
Transferencia de ocurrencia de marcadores	Intraespecífica, alta para especies próximas	Intrapoblacional, media intraespecífica	Intrapoblacional, media intraespecífica	Intraespecífica, baja para especies próximas
Información y Necesidad de desarrollo previo	Construcción de biblioteca genómica o de ADNc específica, selección de sondas adecuadas	Utilización de primers arbitrarios disponibles en el mercado y selección de los más apropiados	Selección de combinaciones de enzimas y primers con bases arbitrarias adecuadas.	Construcción de biblioteca genómica, selección de clones con microsatélites adecuados; secuenciación de AND, construcción de primers, test de polimorfismo adecuado
Lectura de datos	Muy Fácil	Fácil	Difícil	Difícil
Cantidad de ADN	Bastante	Poca	Poca	Poca
Costo de establecimiento/ costo de operación rutinaria	Medio/Medio	Bajo/Bajo	Bajo/Bajo	Muy alto/Medio
Uso para mapeo genético	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno

información genética por locus, ya que también es un marcador dominante y sus datos tienen naturaleza binaria. Adicionalmente exige buena calidad del ADN genómico para garantizar una digestión completa y no tener problemas de interpretación del polimorfismo encontrado (Ferreira & Grattapaglia Op. cit.). Si se superan las limitaciones nombradas, esta técnica permite hacer un "screening" rápido de la diversidad genética, ya que en poco tiempo genera cientos de marcadores de alta replicabilidad del ADN de algún organismo. El tiempo y relación costo-beneficio, replicabilidad y resolución de AFLPs son superiores o iguales a las de otros marcadores (aloenzimas, RAPD-PCR, RFLP y microsatélites). Debido a su alta replicabilidad y facilidad de uso esta técnica ha surgido como uno de los mejores marcadores genéticos, con amplia aplicación en sistemática, genética de poblaciones, "fingerprinting" de ADN y mapeos QTL. Según Zhiyotovskiy (1999) a pesar de las limitaciones, RAPDs y AFLPs son herramientas importantes en el manejo de los recursos biológicos, estudios de diversidad genética y otras aplicaciones.

Con base en estas consideraciones quiero plantear a continuación algo de la historia de cómo entrar a

resolver las dudas que se presentan sobre una especie de importancia médica y la manera de responder algunas de las preguntas sobre la taxonomía, diversidad y estructura genética de la población utilizando para ello los resultados de una investigación realizada en Colombia y parte de las Américas.

El Problema

Anopheles darlingi es el principal vector de malaria en las Américas. Está ampliamente distribuida, ha sido registrada desde México (estado de Chiapas) hasta Honduras pasando por Belice, pero no ha sido encontrada en el resto de países Centro Americanos. En Suramérica se distribuye en: Colombia, Venezuela, Guayana, Surinam, Guayana Francesa, Brasil, Paraguay, Bolivia, Perú y Ecuador (Faran & Linthicum 1981) Es una especie que se encuentra con mayor frecuencia en las tierras bajas cálidas y húmedas a todo lo largo de su rango de distribución). En Colombia se encuentra desde las tierras bajas y húmedas hasta una altura de 450 metros en la zona premontañosa de los Andes (Fleming 1986) (Figura 1).

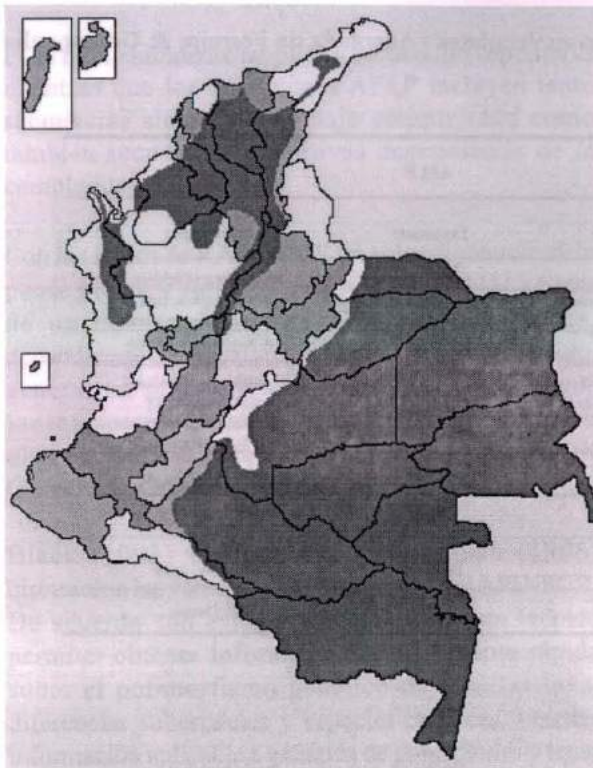


Figura 1. Distribución de *Anopheles darlingi* en Colombia (González, 2001)

Anopheles darlingi es reconocida como la especie de *Anopheles* más antropofílica y endofágica de las Américas (Fleming 1986). Dada su variabilidad morfológica y de comportamiento hematofago a presentado cierto grado de confusión histórica. Galvão *et al.* (1937) describieron la variedad *paulistensis* con base en la proporción del área oscura del segundo segmento tarsal de la pata posterior, variación en las hojillas del mesosoma y principalmente por variaciones en el extremo y reborde cefálico y en los flotadores de los huevos. Adicionalmente Galvão & Barreto (1938^a) reforzaron la información acerca de la gran variabilidad que presentan los huevos de *An. darlingi*, lo que permitió sugerir a Galvão (1940) que la especie presenta variaciones tanto biológicas como morfológicas y circunscribe la validez de *paulistensis* principalmente a los huevos. Sin embargo, con base en estas evidencias, Rozeboom (1942) sugirió innecesario dividir a la especie en grupos subespecíficos. Para Kreutzer *et al.* (1972) la especie presenta un marcado polimorfismo cromosómico especialmente en las poblaciones del estado de Amazonas (Brasil), próxima al centro de su rango de distribución, a lo cual se le atribuye su amplia distribución, ubicuidad ecológica y buena capacidad vectorial bajo un amplio rango de condiciones. Sin embargo, Linthicum (1988) señala que los caracteres diagnósticos son muy constantes aun para las poblaciones de Guatemala y Honduras, las cuales están aparentemente aisladas de Suramérica por una considerable distancia y las poblaciones de esta especie presentan poca variación interpoblacional en los caracteres morfológicos diagnóstico que son mas o menos similares a las variaciones intrapoblacionales. Rubio-Palis (1998) y Manguin *et al.* (1999) mediante análisis morfológico y molecular han realizado estudios en subpoblaciones de Venezuela y en el rango de distribución de la especie respectivamente, pero en lo que respecta a la población de Colombia es poco lo que se conoce.

El comportamiento de picadura y de reposo de permitió sugerir a Galvão (1940) que la especie presenta variaciones tanto biológicas como morfológicas y circunscribe la validez de *paulistensis* principalmente a los huevos. Sin embargo, con base en estas evidencias, Rozeboom (1942) sugirió innecesario dividir a la especie en grupos subespecíficos. Para Kreutzer *et al.* (1972) la especie presenta un marcado polimorfismo cromosómico especialmente en las poblaciones del estado de Amazonas (Brasil), próxima al centro de su rango de distribución, a lo cual se le atribuye su amplia distribución, ubicuidad ecológica y buena capacidad vectorial bajo un amplio rango de condiciones. Sin embargo, Linthicum (1988) señala que los caracteres diagnósticos son muy constantes aun para las poblaciones de Guatemala y Honduras, las cuales están aparentemente aisladas de Suramérica por una considerable distancia y las poblaciones de esta especie presentan poca variación interpoblacional en los caracteres morfológicos diagnóstico que son mas o menos similares a las variaciones intrapoblacionales. Rubio-Palis (1998) y Manguin *et al.* (1999) mediante análisis morfológico y molecular han realizado estudios en subpoblaciones de Venezuela y en el rango de distribución de la especie respectivamente, pero en lo que respecta a la población de Colombia es poco lo que se conoce.

El comportamiento de picadura y de reposo de permitió sugerir a Galvão (1940) que la especie presenta variaciones tanto biológicas como morfológicas y circunscribe la validez de *paulistensis* principalmente a los huevos. Sin embargo, con base en estas evidencias, Rozeboom (1942) sugirió innecesario dividir a la especie en grupos subespecíficos. Para Kreutzer *et al.* (1972) la especie presenta un marcado polimorfismo cromosómico especialmente en las poblaciones del estado de Amazonas (Brasil), próxima al centro de su rango de distribución, a lo cual se le atribuye su amplia distribución, ubicuidad ecológica y buena capacidad vectorial bajo un amplio rango de condiciones. Sin embargo, Linthicum (1988) señala que los caracteres diagnósticos son muy constantes aun para las poblaciones de Guatemala y Honduras, las cuales están aparentemente aisladas de Suramérica por una considerable distancia y las poblaciones de esta especie presentan poca variación interpoblacional en los caracteres morfológicos diagnóstico que son mas o menos similares a las variaciones intrapoblacionales. Rubio-Palis (1998) y Manguin *et al.* (1999) mediante análisis morfológico y molecular han realizado estudios en subpoblaciones de Venezuela y en el rango de distribución de la especie respectivamente, pero en lo que respecta a la población de Colombia es poco lo que se conoce.

El comportamiento de picadura y de reposo post-hematofágico de *An. darlingi* ha mostrado gran variabilidad en su área de distribución. Rosas-Freitas *et al.* (1992) y Zimmerman (1992) han resumido las variaciones en la actividad de picadura observadas en esta especie en las Américas.

Varios autores han discutido el posible origen de esta variabilidad (Deane *et al.* (1988), Klein & Lima (1990), Hudson (1984) llegando a sugerir en algunos casos que se trata de un complejo de especies. Con base en esta inquietud se han adelantado varias investigaciones en diferentes laboratorios de las Américas.

Materiales y Métodos

El Análisis fue realizado con muestras de "poblaciones" de *An. darlingi* de Colombia. Tres localidades fueron consideradas: Amé (Chocó), Granada (Meta) y Tierralta (Córdoba). La extracción de ADN se hizo siguiendo dos protocolos, uno de extracción fenólica (recomendado por Wilkerson *et al.* 1993) y otro con sales, recomendado por el laboratorio de Pat Romans' de la Universidad de Toronto, modificado por Coen *et al.* (1982) en Black & DuTeau (1997). Las muestras obtenidas con el primer método fueron utilizadas únicamente durante el proceso de estandarización de las técnicas. El botón de ADN fue diluido en 50 µl de TLE. Cada muestra fue cuantificada siguiendo las instrucciones de González *et al.* (1995).

La estandarización de las condiciones de amplificación RAPD-PCR, tanto de las proporciones de los componentes de la reacción como de los perfiles de temperatura y tiempos se hicieron tomando como referencia inicial los reportados por Wilkerson *et al.* (1993). Las reacciones PCR finales con todas las muestras se realizaron en termocicladores de placa, los cuales permitieron la evaluación de 96 reacciones simultáneamente. El screening inicial fue efectuado en un equipo automatizado de PCR marca Techne, del Laboratorio de Virología de la Universidad del Valle. Las condiciones iniciales fueron modificadas según las exigencias de definición de bandas.

Los productos de RAPD se obtuvieron utilizando los

métodos estándares (Sambrook *et al.* 1989). Las muestras fueron corridas en cámaras de electroforesis Horizont 2025 de LIFE Technologies, Inc, utilizando una corriente de 300V/25mA por un tiempo de aproximadamente una hora. Los patrones de bandas fueron observados por medio de un transiluminador de L.U.V y fotografiadas con un aparato Stratageme Eagleeye II.

Para la estandarización de la técnica AFLP, las muestras de ADN fueron diluidas hasta 200ng/ml. Se utilizó el "kit" para sistema de análisis II de AFLP™ producido por GIBCO BRL, para genomas pequeños. El proceso de estandarización de esta técnica, así como la evaluación final, fue realizada en los laboratorios de la Unidad de Biotecnología, del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). La preamplificación como la amplificación selectiva, fue realizada en un termociclador MJ Research PTC-100.

La electroforesis de los productos AFLPs fue realizada con buffer TBE 1X a corriente constante (~100 W y aproximadamente 1800 voltios). Posteriormente el gel fue retirado en papel Whatman 3 MM, cubierto con vinilpel, secado al vacío durante 1 hora a 80 °C y expuesto por aproximadamente 48 horas en una película de rayos X Kodak® SB a temperatura ambiente, la cual fue revelada y conservada para el análisis posterior. Se probaron 16 combinaciones de "primers" (tabla 2).

Tabla 2. Combinaciones de "primers" con las enzimas *Eco* RI y *Mse* I probadas durante la búsqueda de "loci" polimorficos AFLP en *An. darlingi*

<i>Eco</i> RI		<i>Mse</i> I		
AC	CC	CA	CA	CA
AT	CG	CC	CT	CG
AG	CG	CG	CT	CC
TG	CC	CG	CA	CA

De los 75 cebadores evaluados en RAPD se seleccionaron seis (A05, A13, B05, B12, B14 y W09) que fueron probados en el estudio de 64 muestras de *An. darlingi* de Colombia (24 del Chocó, 26 del Meta y 14 de Córdoba). El número promedio de "loci" polimorficos seleccionados por cebador, encontrados en las muestras de esta especie fue de 7.5 (4 a 11), el máximo número fue de 11, observado con el cebador A 05 y el menor número se registró con el cebador B 12, con cuatro "loci". La frecuencia más baja fue de 6.25% correspondiente a la banda G del cebador W09 mientras que la frecuencia más alta, 89.06%, correspondió a la banda A del cebador B 14; la banda de mayor tamaño molecular se presentó con el cebador B 05 con 1904.4 pares de bases y la de menor tamaño se registró con el cebador A 05, con 392.7 pares de bases. El análisis fue realizado a partir de una matriz binaria con 45 "loci" (bandas) polimorficos de las tres localidades.

Durante el proceso de estandarización AFLP'S en algunos de los pasos fue necesario realizar algunos ajustes o cambios. De las 16 combinaciones de primers, dos produjeron bandas polimórficas de buena calidad, estas fueron AC-CAA y AG-CAG. Con esto se obtuvo un total 197 loci polimorficos en las muestras de las tres localidades. Los datos de los patrones de bandas RAPD-PCR y AFLP's en cada individuo fueron codificados (presencia ausencia) en una matriz básica de datos binarios a partir de la cual se hicieron los análisis.

Aprovechamiento taxonómico

Los resultados del "screening" con los "loci" RAPD-PCR y su posterior reconfirmación no mostraron ninguna banda diagnóstica que permitiera separar con claridad los tres grupos representantes de las tres poblaciones. Según Manguin *et al.* (1999) un análisis similar con 13 poblaciones de todo el rango de distribución de esta especie, utilizando un total de 60 cebadores tampoco mostró resultados que evidenciaran una separación geográfica de la mayoría de las poblaciones estudiadas.

Para propósitos taxonómicos, a partir de las matrices básicas de patrones RAPD y AFLP, se derivaron matrices de distancia (1-M) generada con un programa

de FORTRAN denominado RAPDPLOT de William C. Black (1993) (Black 1995) estimada de la fracción de emparejamientos (M), mediante la formula $M = N_{AB} / N_T$, donde N_{AB} es el número total de emparejamientos entre los individuos A y B (tanto para las bandas ausentes ó presentes) y N_T el número total de "loci" (fragmentos) del estudio. A partir de esta se realizó un análisis de agrupamiento de los especímenes de las subpoblaciones de cada una de las especies en estudio por medio de la técnica de NEIGHBOR (vecino mas próximo) con el programa PHYLIP 3.5 C y el dendrograma generado con el método de UPGMA. Con el fin de mejorar la interpretación de los grupos formados se realizó un Bootstrap de 100 combinaciones posibles, utilizando el programa RAPDBOOT 1.0 de William C. Black (1996).

El análisis a partir de "loci" RAPD-PCR mostró que aunque se pueden identificar grupos conformados únicamente por la población del Meta o Chocó, existen también otros en los cuales de manera variable se agrupaban Meta con Chocó, Meta con Córdoba, Chocó con Córdoba o todos y en la mayoría de los casos estas agrupaciones eran de baja probabilidad, es decir que las subpoblaciones se muestran claramente conespecíficas. Sin embargo con fragmentos AFLPs, se observó una separación (53%) entre el grupo del Meta y otro conformado por una mezcla entre Córdoba y Chocó (37 a 80%) indicando una posible partición geográfica entre la subpoblación del oriente (Meta) y las del occidente (Chocó y Córdoba) ubicadas en la provincia biogeográfica del Chocó - Magdalena. (Figura 2).

Según Manguin *et al.* (1999) un análisis de agrupamiento a partir de la información de cinco cebadores RAPD-PCR, indicó que a pesar de que cuatro agrupamientos grandes pueden ser indicativos de partición geográfica entre las poblaciones de *An. darlingi* en su rango de distribución geográfica en las américas, tiene distancias genéticas de separación muy pequeñas y se puede concluir que las subpoblaciones de *An. darlingi* son conespecíficas.

Para la comparación de las "poblaciones" se utilizó el programa FORTRAN RAPDDIST 1.0 de William C. Black (1997) en la generación de una matriz de distancia (1-S) a partir de los índices de similitud de Nei & Li ($S = 2N_{AB} / (N_A + N_B)$). Donde N_{AB} es el número

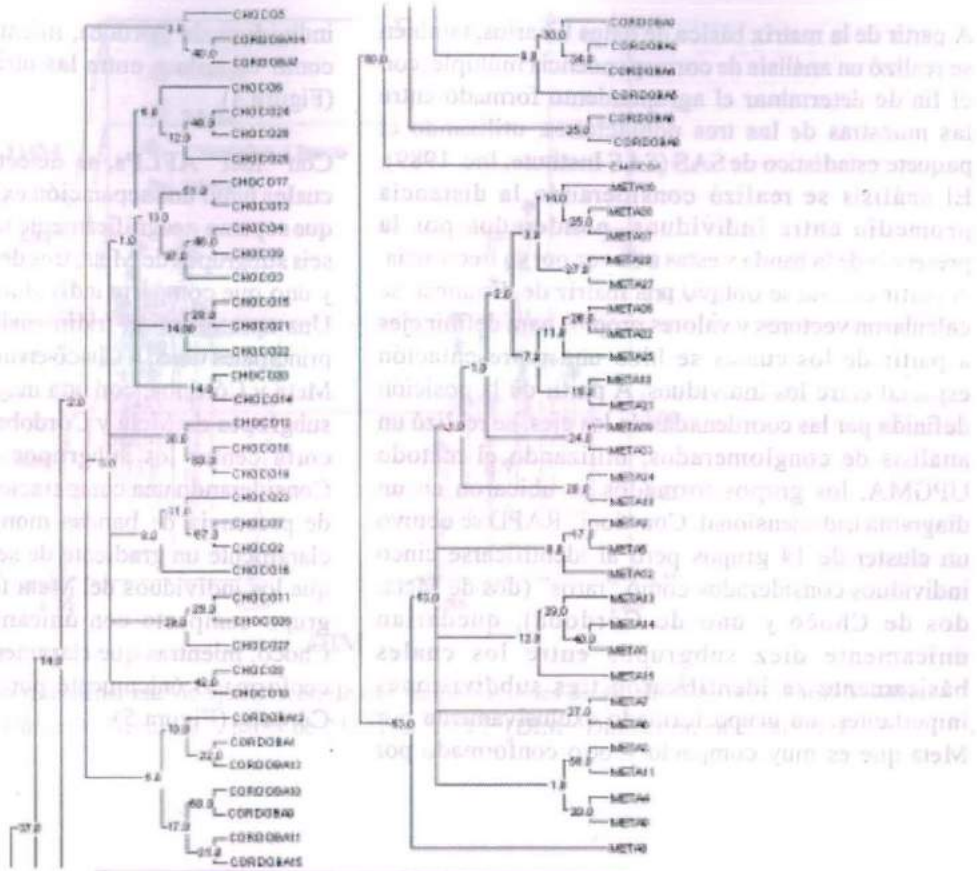


Figura 2. Árbol consenso a partir de un análisis bootstrap de productos AFLPs de tres subpoblaciones de *An. darlingi* de Colombia (Córdoba, Chocó y Meta).

Con el fin de estimular la diversidad y la frecuencia de los fragmentos de las poblaciones, los fragmentos de fragmentos que los individuos *A* y *B* comparten en común, N_A es el número de fragmentos del individuo B. Los valores fueron corregidos por el factor de Lynch & Milligan (1994). Con base en esta matriz se hizo un Bootstrap de 100 permutaciones y como en el caso anterior un análisis de agrupamiento de las subpoblaciones de cada una de las posibles especies en estudio por medio de la técnica de NEIGHBOR (vecino más próximo) con el programa PHYLIP 3.5 C y los dendrograma generados con el método de UPGMA (Agrupamiento de parejas por promedios no ponderados). A partir de estos se obtuvo, para cada tipo de marcador, un único árbol por medio de la técnica consenso estricto y regla de la mayoría que permite concluir que las frecuencias de "alelos" fueron consistentemente diferentes para un gran número de "loci" entre Chocó y Córdoba con Meta (Figura 3).

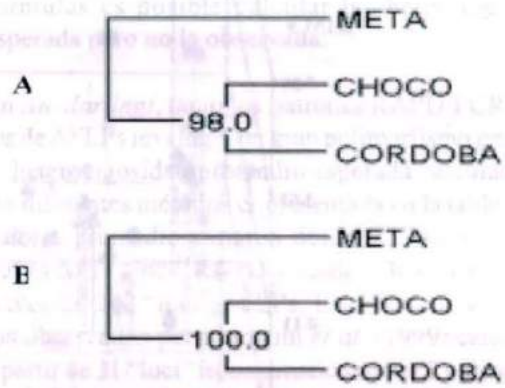


Figura 3. Árbol de distancia genética (1-M), consenso estricto y regla de la mayoría, para tres poblaciones de *An. darlingi* de Colombia. Análisis realizado a partir de: **A.** una matriz básica de 45 fragmentos RAPD. **B.** una matriz básica de 197 fragmentos AFLPs. El número de la bifurcación indica el número de veces/100 que el grupo fue consistente.

A partir de la matriz básica de datos binarios, también se realizó un análisis de correspondencia múltiple, con el fin de determinar el agrupamiento formado entre las muestras de las tres poblaciones, utilizando el paquete estadístico de SAS (SAS Institute, Inc. 1989). El análisis se realizó considerando la distancia promedio entre individuos, ponderados por la presencia de la banda y estas a su vez por su frecuencia. A partir de esta se obtuvo una matriz de distancia, se calcularon vectores y valores propios para definir ejes a partir de los cuales se hizo una representación espacial entre los individuos. A partir de la posición definida por las coordenadas de los ejes, se realizó un análisis de conglomerados, utilizando el método UPGMA, los grupos formados se ubicaron en un diagrama tridimensional. Con "loci" RAPD se obtuvo un cluster de 14 grupos pero al identificarse cinco individuos considerados como "raros" (dos de Meta, dos de Chocó y uno de Córdoba), quedarían únicamente diez subgrupos entre los cuales básicamente se identificaron tres subdivisiones importantes: un grupo formado exclusivamente por Meta que es muy compacto y otro conformado por

individuos de Córdoba, mientras que Chocó aparece como un enlace entre las otras dos subpoblaciones. (Figura 4).

Con "loci" AFLPs, se detectaron 12 grupos en los cuales hubo una separación explícita en subdivisiones que separan geográficamente las subpoblaciones, hubo seis subgrupos de Meta, tres de Chocó, dos de Córdoba y uno que comparte individuos de Chocó y Córdoba. Una aproximación tridimensional con los 10 grupos principales ubicó a Chocó en una posición central entre Meta y Córdoba, con una mayor separación entre los subgrupos de Meta y Córdoba y una separación muy corta entre los subgrupos de Córdoba y Chocó. Considerando una comparación a partir del porcentaje de presencia de bandas monomórficas se confirmó claramente un gradiente de separación geográfica ya que los individuos del Meta formaron claramente un grupo compacto con únicamente un individuo del Chocó, mientras que claramente se forma otro grupo conformado únicamente por individuos de Chocó y Córdoba (Figura 5).

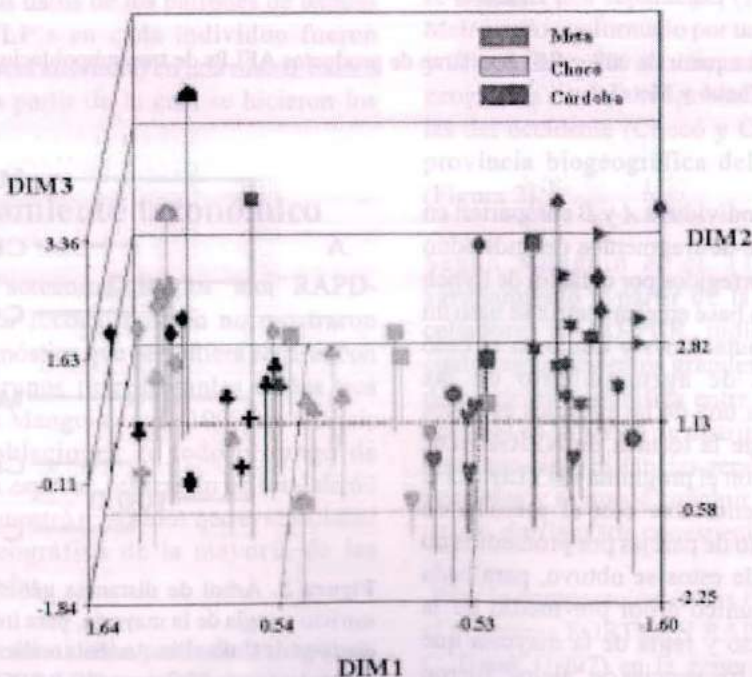


Figura 4. Agrupamiento tridimensional de ejemplares, de tres subpoblaciones de *An. darlingi* de Colombia (Meta: Granada, Chocó: Amé, Córdoba: Tierralta) a partir de 46 "loci" RAPD-PCR. (DIM= Dimensión en el espacio)

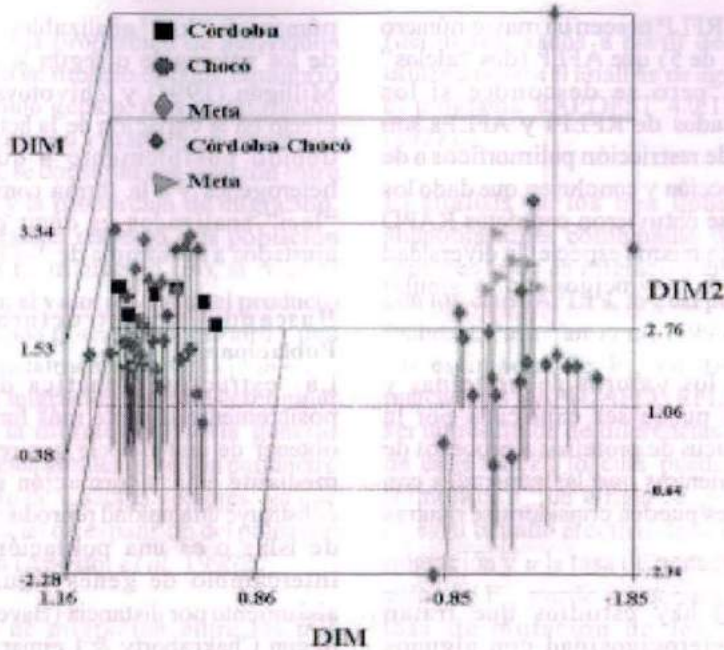


Figura 5. Agrupamiento tridimensional de ejemplares, de tres subpoblaciones de *An. darlingi* de Colombia (Meta: Granada, Chocó: Amé, Córdoba: Tierralta), a partir de 246 "loci" AFLP. (DIM= Dimensión en el espacio)

Analizando la diversidad con marcadores moleculares

Con el fin de estimar la diversidad y diferenciación genética de las poblaciones, los fragmentos polimórficos producidos con marcadores dominantes como "alelos", pueden ser utilizados como marcadores de diversidad y diferenciación, si se cumplen los cuatro supuestos siguientes: 1) Los productos segregan como alelos dominantes en forma Mendeliana. 2) Las frecuencias genotípicas de los "loci" RAPD están en proporciones Hardy Weinberg. 3) Los "alelos" en un individuo recesivo homocigoto son idénticos en estado entre y dentro de los individuos. 4) Los "alelos" dominantes amplificados son igualmente idénticos en estado (Apostol *et al.* 1996).

Con patrones RAPD y AFLPs se puede calcular la diversidad de la población a partir de la frecuencia de "alelos". La del recesivo a (= las bandas ausentes) se calcula como la raíz cuadrada de la frecuencia de individuos homocigotos recesivos o sea que $q_j(i) = \sqrt{X_j(i)}$ donde $X_j(i)$ es la frecuencia de homocigotos

recesivos nulos en la subpoblación j del locus i o sea que si q es la frecuencia del alelo recesivo a , entonces $p=1-q$ es la frecuencia del alelo dominante A (Apostol *et al.* 1996). A partir de los datos producidos con estas formulas es posible calcular la heterocigosidad esperada pero no la observada.

En *An. darlingi*, tanto los patrones RAPD-PCR como los de AFLPs revelaron un gran polimorfismo genético, la heterocigosidad promedio esperada calculada con los diferentes métodos es presentada en la tabla 2. Los valores promedio variaron desde 0.37 hasta 0.380 a través de 51 "loci" RAPD y desde 0.303 hasta 0.309 a través de 202 "loci" AFLPs. Estos son mayores que los observados por Manguin *et al.* (1999) calculados a partir de 31 "loci" isoenzimáticos entre 7 poblaciones de *An. darlingi* (0.063 a 0.122). Apostol *et al.* (1996) comparando datos de "loci" RAPD ($H = 0.354$) y 11 "loci" alloenzimáticos similares. Yan *et al.* (1999) en *Ae. aegypti* de Trinidad y Tobago encontraron que la heterocigosidad observada con RFLP fue significativamente mayor (0.47 a 0.60) que la esperada con datos AFLP (0.39) y atribuyen esta diferencia al

factor de que los "loci" RFLP poseen un mayor número de "alelos" (promedio de 5) que AFLP (dos "alelos" en algunos "loci"), pero se desconoce si los polimorfismos observados de RFLPs y AFLPs son resultado de los sitios de restricción polimorficos o de sitios de inserción/delección y concluyen que dado los valores similares que se obtuvieron con datos RAPD en Puerto Rico para esta misma especie, la diversidad genética definida por la heterocigosidad es similar entre estas regiones.

La diferencia entre los valores de proteínas y marcadores, también puede ser explicada por la relación de loci multilocus de proteínas a procesos de evolución selectiva, mientras que las generadas con marcadores moleculares pueden considerarse neutras (Kimura 1991).

Según Avise (1994) hay estudios que tratan decorrelacionar la heterocigosidad con algunos atributos de la historia natural de organismos, y con heterogeneidad ambiental. Según Selander & Kaufman (1973a) por efecto ambiental generalmente la heterocigosidad genética es mas alta en animales pequeños inmóviles que en animales grandes móviles. Sin embargo estas indicaciones pueden variar entre las diferentes clases de organismos. En moscas de la fruta la heterocigosidad es significativamente mas alta en poblaciones mantenidas en condiciones ambientales variables que las mantenidas en condiciones uniformes (McDonald & Ayala 1974, Powel 1971). En peces, Powel & Taylor (1979) resumen evidencias que indican que la heterogeneidad ambiental sumada a la selección de hábitat contribuye a la diversidad genotípica. En mamíferos grandes Sage & Wolff (1986) sugieren que los diferentes niveles de heterocigosidad que son atribuibles a presiones de selección ambiental per-se, son más bien debidos a la historia de población ambiente-dependiente y efectos de deriva genética. Avise(1994) concluye que a menos que la población este en equilibrio genético la heterocigosidad puede ser una función tanto de la diversidad genética original y de procesos adicionales como selección, flujo de genes y sistemas de apareamiento que determinan cuanto de la variación disponible es repartida dentro y entre poblaciones.

Los valores promedio de la Heterocigosidad esperada con loci AFLPs fueron menores que los de RAPD, atribuibles posiblemente a que este produce un mayor

número de "loci" analizables. Por otro lado el efecto de los valores de q según la propuesta de Lynch & Milligan (1994) y Zhivotovsky (1999) tuvo poco efecto en la variación de la heterocigosidad esperada, debido posiblemente a que es una población heterogénea y a la forma como se seleccionaron los "loci" analizados es decir que fueron escogidos ajustados a la formula de $1 - (3/N)$.

Buscando la Estructura Genética de las Poblaciones.

La estructura genética de una población es posiblemente la parte más fundamental que se debe obtener de una especie que requiere manejo, ya que mediante esta información se puede averiguar si constituye una unidad reproductiva, si sigue un modelo de islas o es una población continua, pero con intercambio de genes siguiendo un modelo de aislamiento por distancia (Baverstock & Moritz 1996). Según Chakraborty & Leimar (1987) la mayor parte de las especies están subdivididas en unidades diferentes que difieren genéticamente. La estructura genética surge cuando la constitución genética promedio de los individuos de diferentes subpoblaciones de la población total, varía. Cuando hay poco o ningún flujo genético entre las subpoblaciones, las diferencias genéticas entre ellas evolucionaran en el tiempo a partir de fuerzas tales como selección, deriva genética y mutaciones, las cuales contribuyen de manera variable a la variación genética entre las subpoblaciones.

La correlación entre gametos al azar en una subpoblación con relación a los de toda la población, puede ser calculada a partir de la heterocigosidad esperada en la subpoblación con relación a la de la población total ($F_{ST} = 1 - (H_{esp} \text{ subpoblación} / H_{esp} \text{ población})$). Si las subpoblaciones están reproductivamente aisladas, este es significativamente mayor que cero (Tabachnick & Black 1996). Los dos estimadores, generalmente usados son G_{ST} definido por Nei (1972) y Theta definida por Weir & Cockerham (1984). Últimamente ha surgido también el de Lynch & Milligan (1994).

Por otro lado, se considera que cuando dos poblaciones difieren en la frecuencia de genes e intercambian migrantes, la frecuencia de los genes en cada población

cambia dependiendo de la proporción de individuos que migran. Suponiendo un modelo de islas, equilibrio entre deriva génica y flujo génico, tasa de migración mayor que la tasa de mutación y marcadores genéticos selectivamente neutros, se consigue una relación entre el índice de estructura y la proporción de migración. La proporción de migrantes respecto a la población total determina la tasa de migración (m), si N es el tamaño de la población, el valor de Nm es el producto de un tamaño de población potencialmente alto y una tasa de migración potencialmente pequeña [$Nm = (1 - F_{ST})/4F_{ST}$]. Esta tasa de migración permite determinar que tan rápidamente la migración podría generar poblaciones genéticamente similares y es un parámetro importante en el estudio de insectos vectores, ya que permite estimar el potencial de expansión del patógeno de una población a otra (Apóstol *et al.* 1996).

Para analizar la tasa de migración entre las tres poblaciones de *An. darlingi*, se calculó la estadística F_{ST} de Wright (1951, θ de Weir & Cockerham (1984) y Lynch & Milligan (1994) según la fórmula anteriormente indicada. Detalles de estas fórmulas son presentadas en Apóstol *et al.* (1996). Los cálculos

fueron realizados a partir de las mismas matrices utilizadas para el análisis de agrupamiento, utilizando el programa RAPDFST 4.0.1 de William C. Black (1997).

El análisis de los tres tipos de F_{ST} con las tres subpoblaciones combinadas de *An. darlingi*, indicó menores tasas de migración entre las subpoblaciones con los datos AFLPs, lo cual parece más ajustado a la realidad. Para Yan *et al.* (1999) las diferencias entre los estimados de F_{ST} en *Ae. aegypti* utilizando marcadores RAPD, AFLP, RFLP e isoenzimas, pueden ser un resultado de diferencias en la tasa de mutación de esos "loci", lo cual puede ser examinado en la fórmula de F_{ST} de Wright: $F_{ST} = 1/[1 + 4N_e(m+u)]$ donde N_e es el tamaño efectivo de la población, m la tasa de migración y u la tasa de mutación. Luego entonces el valor de F_{ST} puede ser seriamente subestimado si la tasa de mutación de los "loci" genéticos es relativamente grande. Los "loci" RAPD tienden a tener tasa de mutación más altas que los "loci" AFLP y RFLP, de este modo los F_{ST} de marcadores RAPD pueden ser subestimados.

Tabla 2. Heterocigosidad promedio esperada de *An. darlingi* de Colombia, a partir de "loci" RAPD y AFLPs.

Tipo de Marcador	Población	Heterocigosidad Promedio Esperada	Método Bayesiano	
			Asumiendo distribución de q uniforme a priori	Asumiendo distribución de q a priori no uniforme
AFLP	Meta	0.28346	0.30238	0.29903
	Chocó	0.24741	0.27411	0.26829
	Córdoba	0.23259	0.28243	0.27246
	Todas	0.30335	0.30931	0.30892
RAPD-PCR	Meta	0.35793	0.36789	0.36879
	Chocó	0.35339	0.37055	0.37445
	Córdoba	0.35667	0.38334	0.38616
	Todas	0.37423	0.37854	0.38035

Con RAPD-PCR, los diferentes N_m fueron aproximadamente similares (entre 3.4 a 4.2 individuos migrantes por generación) mientras que con AFLPs vario únicamente entre 1.7 y 1.0 individuos migrantes por generación (Tabla 3). Los cálculos de F_{ST} de Manguin *et al.* (1999) entre las 7 poblaciones de *An. darlingi* a partir de los 31 "loci" isoenzimáticos, son comparables con los de RAPD (0.102) pero menores que los de AFLPs

Cuando se comparó el flujo genético entre pares de "poblaciones" con los "loci" RAPD-PCR y AFLPs, en las tres combinaciones posibles, determinó que los diferentes valores de N_m entre las subpoblaciones de Chocó-Meta y Córdoba-Meta fueron muy similares y menores que entre Chocó y Córdoba, confirmando de esa forma con los tres tipos de F_{ST} que existe un mayor flujo genético entre las poblaciones de Chocó y Córdoba, lo cual esta de acuerdo con lo observado en el análisis de agrupamiento descrito previamente, pero aparentemente sobreestimados con la técnica de RAPD-PCR a partir de cuyos "loci" se observó que los valores de N_m entre Chocó-Córdoba fueron muy altos, especialmente a partir de F_{ST} de Lynch &

Milligan. Según Slatkin & Barton (1989) Theta tiende a sobreestimar la tasa de migración, pero con estos datos se observó que aunque theta es un poco mayor que el F_{ST} de Wright, fue de todos modos tres veces menor que el de Lynch & Milligan para esta comparación (Chocó-Córdoba). Con datos AFLPs, theta y F_{ST} de Lynch & Milligan fueron prácticamente idénticos y el mayor valor se obtuvo con el F_{ST} de Wright.

Para estudiar la partición de la variación genética dentro y entre poblaciones de *An. darlingi* de Colombia se realizó también un análisis molecular de varianza (AMOVA) con el programa WINAMOVA (L. Excoffier 1993) con los archivos creados con el programa AMOVA-PREP 1.01 (Mark P. Miller 1998), el cual ha sido diseñado únicamente para ser utilizado con marcadores dominantes tales como AFLPs o RAPDs. A partir de la matriz básica de datos binarios, se evaluaron todas las posibles combinaciones de marcadores genéticos (Haplotipos) y se construyo un archivo de distancia que se utilizó con el programa WINAMOVA. Este último proporcionó un estimado de F_{ST} de diferenciación de poblaciones el cual es comparable con los otros ya especificados.

Tabla 3. Estimados de F_{ST} y N_m con marcadores RAPD-PCR y AFLPs entre tres subpoblaciones de *An. darlingi* de Colombia.

Tipo de Marcador	Población	Wright's		Theta		Lynch & Milligan	
		F_{ST}	N_m	F_{ST}	N_m	F_{ST}	N_m
RAPD-PCR	Córdoba-Meta	0.055	4.30	0.090	2.50	0.071	3.30
	Chocó-Meta	0.049	4.90	0.074	3.10	0.065	3.60
	Córdoba-Chocó	0.029	8.50	0.023	10.80	0.008	30.40
	Todas	0.060	3.90	0.068	3.40	0.057	4.20
AFLPs	Córdoba-Meta	0.106	2.1	0.224	0.9	0.220	0.9
	Chocó - Meta	0.111	2.0	0.224	0.9	0.213	0.9
	Córdoba - Chocó	0.051	4.7	0.103	2.2	0.096	2.4
	Todas	0.127	1.7	0.199	1.0	0.200	1.0

Similarmente a lo observado con los otros estadísticos F_{ST} , el análisis molecular de varianza con ambos marcadores produjo mayores valores f_{ST} para el análisis con datos RAPD-PCR (Tabla 4), los de f_{ST} calculados con el set de datos de AFLPs fueron similares a los de F_{ST} de Wright's, Theta y F_{ST} de Lynch & Milligan. Sin embargo, al igual en el caso anterior con ambos marcadores el flujo genético entre las dos subpoblaciones del occidente fue mayor.

El porcentaje de varianza explicada a partir de los componentes de varianza también determinó diferencias apreciables entre los dos tipos de marcadores, con AFLPs aproximadamente el 23% de la variación fue explicada por diferencias entre las subpoblaciones ($P < 0.001$) (Tabla 5) pero fue mucho menor con datos de RAPD (8.43%).

Tabla 4. Valores de f_{ST} entre parejas de tres subpoblaciones de *An. darlingi* de Colombia a partir de datos de fragmentos RAPD-PCR y AFLPs.

TIPO DE MARCADOR	Combinación de subpoblaciones	Valor de ϕ_{ST} *	ϕ_{ST} **Modificado
RAPD-PCR	Meta-Chocó	0.0960	0.1009
	Meta-Córdoba	0.1072	0.1134
	Chocó-Córdoba	0.0130	0.0131
AFLPs	Meta-Chocó	0.2765	0.3237
	Meta-Córdoba	0.2443	0.2801
	Chocó-Córdoba	0.0860	0.0899

* Distancias ϕ_{ST} entre pares de poblaciones

** Distancias ϕ_{ST} entre pares de poblaciones, modificadas por el Coeficiente de coancestría ($-\ln[1 - \phi_{ST}] = t/2N$)

Tabla 5. Valores del análisis Molecular de Varianza con datos de fragmentos RAPD-PCR y

Tipo de Marcador	Fuente de variación	Suma de cuadrados (SS)	Media de cuadrados (MS)	Varianza explicada (%)*	Valor de f_{ST}	Heterogeneidad de la varianza B_p
RAPD-PCR	Entre poblaciones	55.739	1.114.777	8.43%	0.084	0.1797
	Dentro de poblaciones	19.508	11.900.144	91.57%		
AFLPs	Entre poblaciones	2.892.564	144.628	22.93%	0.229	0.3723
	Dentro de poblaciones	12.597.470	18.526	77.07%		

*Por los componentes de varianza. Significación de los componentes de varianza $P < 0.001$

Según Yan *et al.* (1999) la ecuación para calcular el flujo de genes, asumiendo un modelo de islas-infinito, provee una aproximación de la magnitud relativa del flujo de genes; pero otra cosa es ver si los supuestos para análisis de este tipo de datos se cumplen o no. Con marcadores dominantes el supuesto de equilibrio Hardy-Weinberg frecuentemente no es comprobable y además la frecuencia estimada de "alelos" resultantes e inferencias de la estructura poblacional basada en marcadores dominantes no es la más adecuada. Pero debido a que tanto un marcador codominante como RFLP y otro dominante como AFLP examinan igualmente el polimorfismo de fragmentos de restricción en el genoma, las comparaciones entre los dos es más apropiada que con RAPD.

Los datos obtenidos con el AMOVA permiten concluir que a partir de la información AFLPs existe indicación de subdivisión geográfica entre las poblaciones de occidente y oriente, pero no con datos RAPD. Para AFLP, los valores promedio entre las dos subpoblaciones de occidente (Chocó-Córdoba) indican una diferencia comparable con apareamientos al azar.

Para *An. darlingi* se ha documentado una gran variabilidad genética en el ámbito poblacional a partir de estudios en cromosomas politénicos (Kreutzer *et al.* 1972, Tadei *et al.* 1982) aloenzimas (Steiner *et al.* 1982, Rosas-Freitas *et al.* 1992) y datos RFLP de ADN mitocondrial (Freitas-Sibajev *et al.* 1995). Mendes dos Santos *et al.* (1996) (1999) analizando proteínas en cuatro poblaciones de Amazonía encontraron un porcentaje alto de loci polimórficos y diferenciación intrapoblacional, pero las cuatro poblaciones fueron genéticamente similares.

Manguin *et al.* (Op. cit.) utilizando una combinación de datos morfológicos, RAPD-PCR, isoenzimas, secuencias ITS2 en muestras del rango de distribución de *An. darlingi*, encontraron que aunque los fragmentos producidos por RAPD-PCR demostraron evidencia de partición geográfica, todas las poblaciones estaban separadas por cortas distancias genéticas. En general todos los picadura (Rosa-Freitas *et al.* 1992) y la variación en tamaño corporal (Lounibos *et al.* 1995, Charlwood 1996), pueden ser resultado de adaptaciones a condiciones medioambientales locales, mientras que la variabilidad en la análisis demostraron

una similaridad genética que es consistente con la existencia de una sola especie y sugieren que el flujo de genes está ocurriendo a través del rango de distribución de la especie.

Según Conn *et al.* (1999) aunque Manguin *et al.* (Op. cit.), han demostrado que esta no constituye un complejo de especies, la heterogeneidad en el comportamiento de longitud del ala puede ser atribuida a hábitats larvales heterogéneos. Sin embargo esa heterogeneidad puede ser también explicada en parte por la estructura poblacional y patrones de flujo de genes (Conn *et al.* 1999). El análisis molecular de varianza, con datos de ADN mitocondrial para muestras de Bolivia, Brasil y Venezuela, reveló una varianza intrapoblación significativa, ($f_{sc}=0.447$ y $f_{st}=0.640$) lo cual sugiere una estructura entre poblaciones dentro de biomas y dentro de ecoregiones ($f_{sc}=0.596$ y $f_{st}=0.634$). Por otro lado demostraron que estas poblaciones están aisladas genéticamente por distancia que pueden restringir el flujo de genes en el ámbito local y que tal aislamiento puede reflejar diferencias en fenotipos para factores tales como, comportamiento alimenticio, longevidad y actividad diaria, que afectan su capacidad vectorial por lo tanto dicha información es relevante para el diseño de estrategias de control a un nivel local. Conn (2001) utilizando 8 loci microsátelites polimórficos de la especie en el área amazónica de Brasil, detectó aislamiento por distancia y encontró que el flujo de genes es restringido entre poblaciones separadas por distancias mayores que 50 Km, lo cual da alguna estimación del tamaño del demo.

Conclusiones

En la tabla 6 se resume las principales diferencias deducidas del análisis taxonómico y poblacional de *An. darlingi* en Colombia, utilizando los marcadores moleculares dominantes RAPD-PCR y AFLPs. En todos los casos se puede deducir que las subpoblaciones Colombianas de *An. darlingi* son conspecíficas

La población de *An. darlingi* de Colombia presenta alto polimorfismo de "loci" RAPD-PCR y AFLPs, sin embargo para efectos de análisis la diversidad y determinación del flujo de genes entre poblaciones es

recomendable basarse en datos AFLPs a no ser que se disponga de algún marcador codominante tipo microsatélites, por ejemplo.

Los análisis de correspondencia múltiple, agrupamiento de distancia genética de Nei & Li, F_{ST} y molecular de varianza, con datos AFLPs soportan una diferenciación de la subpoblación de la provincia biogeográfica de la Guayanas con las del Chocó-Magdalena en la cual la diferencia entre Chocó y

Córdoba es comparable con apareamientos al azar y por lo tanto es clara la existencia de una población panmítica.

Lo anterior puede servir de base para plantear la hipótesis de que la subpoblación diferenciada coincide con la existencia de una epidemiológicamente diferente, que dado su comportamiento de picadura puede ser de menor capacidad vectorial que la del Chocó-Magdalena.

Tabla 6. Resumen de los resultados del análisis taxonómico y poblacional de *An. darlingi* en Colombia, utilizando dos marcadores moleculares dominantes.

POBLACIONES	TIPO DE MARCADOR			
	RAPD-PCR		AFLPs	
	Agrupamiento	Estructura Genética	Agrupamiento	Estructura Genética
TODAS	Poca diferencia entre las tres poblaciones	Compatible con una misma población (8.4%)	Población del Meta diferenciada de las otras dos	Compatible con partición geográfica (22.9%)
CHOCO-CÓRDOBA	Alta frecuencia de agrupamiento	Sólo 1.3 % de la variación, es explicada por diferencia entre estas dos	Alta frecuencia de agrupamiento	8.6% de la variación, es explicada por diferencia entre estas dos
CÓRDOBA-META	Baja frecuencia de agrupamiento	10.7% de la variación, es explicada por diferencia entre estas dos	Ningún grupo formado	24.4% de la variación, es explicada por diferencia entre estas dos
CHOCO-META	Baja frecuencia de agrupamiento	9.6% de la variación, es explicada por diferencia entre estas dos	Ningún grupo formado	27.7% de la variación, es explicada por diferencia entre estas dos

Referencias

- Apostol, B.L., W. C. Black IV, P. Reiter, & B. R. Miller. 1996. Population genetics with RAPD-PCR markers: the breeding structure of *Aedes aegypti* in Puerto Rico. *Heredity* 76:325-334.
- Avise, J. C. 1994. Molecular markers, natural history and evolution. Chapman & Hall, N. Y.
- Ballinger-Crabtree, M. E., W. C. Black IV & B. R. Miller. 1992. Use of genetic polymorphisms detected by RAPD-PCR for differentiation and identification of *Aedes aegypti* populations. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 47:893-901.
- Black, W. C. IV. 1993. PCR with arbitrary primers: approach with care. *Insect Mol. Biol.* 2(1): 1-6.
- Black, W. C. IV & N. DuTeau. 1997. RAPD-PCR and SSCP analysis for insect population genetic studies. Pp 361-362. *In: Molecular Biology of insect Disease Vectors: A methods manual.* J. M. Crampton, C. B. Bear & C. Louis (Eds). Chapman and Hall.
- Black, W. C. IV & L. E. Munstermann. 1996. Molecular taxonomy and systematics of arthropod vectors. pp. 438-470. *In: The Biology of Disease Vectors.* Beaty, B. J. and W. C. Marquardt (Eds). University Press of Colorado.
- Black, W. C. IV: 1995. Statistical analysis of arbitrarily primed PCR patterns in molecular taxonomic studies. pp. 39-55. *In: Methods in Molecular Biology, Vol. 50: Species Diagnostics Protocols: PCR and Other Nucleic Acid Methods.* J. P. Clapp (Ed) Humana Press Inc. Totowa, N.J.
- Baverstock, P. R. & C. Moritz. 1996. Project design. Pp. 17-27. *In: Molecular systematics.* Hillis, D. M. C., C. Moritz & B. K. Mable (Eds.) 2a Ed.
- Coen, E. S., T. Stracha & G. Dover. 1982. Dynamics of concerted evolution of ribosomal ADN and histone gene families in the *melanogaster* species subgroup or *Drosophila*. *J. Mol. Biol.* 158: 17-35.
- Conn, J. E. 1998. Systematics and population level analysis of *Anopheles darlingi*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 93 (5) 647-650
- Conn, J. E. 2001. Population structure in the Neotropical malaria vector *Anopheles darlingi* at different geographic scales in Brazil. *The 67th Annual Meeting of the American Mosquito Control Association (AMCA) and Texas Mosquito Control Association. The Abstract Book.* Dallas, Texas.
- Conn, J. E., Y. R. Puertas & J. A. Sewright. 1993. A new cytotype of *Anopheles nuneztovari* from western Venezuela and Colombia. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 9: 294-301.
- Conn, J. E., M. G.R. Freitas-Sibajev, S: L: B: Luz & H. Momen. 1999. Molecular population genetics of the primary malaria vector *Anopheles darlingi* using mtDNA. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 15: 468-474
- Conn, J. E., J. P. Bollback, D. Y. Onyabe, T. N. Robinson, R. C. Wilkerson & M. M. Póvoa. 2001. Isolation of polymorphic microsatellite markers from the malaria vector *An. darlingi*. *Molecular Ecology*

- Chakraborty R. & O. Leimar. 1987. Genetic Variation Within a Subdivided Population Pp. 87-120. In: Population Genetics and fishery management. N. Ryman and F. Ulter (Eds). Washington Sea Gant Program. University of Washington Press.
- Charlwood, J. D. 1996. Biological variation in *Anopheles darlingi* Root. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 91: 391-398.
- Deane, L. M. C. D. Ribiero, R. Lorenço - de - Oliveira J. Oliveira Ferreira & A. E. Guimaraes. 1988. Study and the natural history of malaria the areas of the Rondônia State - Brazil and problems related to its control. *Rev. Inst. Med. Trop., São. Paulo*, 30: 153-156.
- Excoffier, L., P. E. Smouse & J. M. Quattro. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among ADN haplotypes: Application to human mitochondrial ADN restriction data. *Genetics* 131: 479-491.
- Faran, M. & K. J. Linthicum. 1981. A handbook of the Amazonian species of *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) (Dip.: Culicidae). *Mosq. Syst.* 13: 1-81.
- Ferreira M. E. & D. Grattapaglia. 1998. Introducción al uso de marcadores moleculares en el análisis genético. Ministerio da Agricultura e do Abastacimento, EMBRAPA, Cenargen. Brasilia, DF.
- Fleming, G. 1986. Biología y ecología de los vectores de la malaria. O.P.S. Washington.
- Freitas-Sibajev, M. G; J. Conn; S. E. Mitchell; A. F. Cockburn; J. A. Seawright & H. Momen. 1995. Mitochondrial ADN and Morphological analyses of *Anopheles darlingi* populations from Brazil (Diptera: Culicidae). *Mosq. Syst* 27(2):78-99.
- Galvão, A. L. A. 1940. Contribuicao ao conhecimento dos anophelinos do grupo *Nyssorhynchus* de Sao Paulo e regioes vizinhas (Diptera, Culicidae). *Rev. Mus. Paulista*. Tomo 24, 1: 399-484.
- Galvão, A. L. A. & M. P. Barreto. 1938a. Contribuicao ao conhecimento dos primeiros estadios dos anophelinos de Sao Paulo. *Rev. Biol. Hyg.*, 9: 110-115.
- González, D. O., N. Palacios, G. Gallego & J. Tohme. 1995. Protocolos para marcadores moleculares. *Unidad de investigación en Biotecnología, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*. Cali, Colombia.
- Harbach, R. E. 1994. Review of the internal classification of the genus *Anopheles* (Diptera: Culicidae): the foundation for comparative systematics and phylogenetic research. *Bull. Of Entomol. Res.* 84: 331-342.
- Hudson, J. E. 1984. *Anopheles darlingi* Root (Diptera: Culicidae) in the Suriname rain forest. *Bull. Ent. Res.* 74: 129-142.
- Kambhampati, S.; W. C. Black & D. Karamanjits. 1992. Random amplified polimorfic ADN of mosquito species and population (Diptera: Culicidae): Techniques Statistical Analysis and Applications. *J. Med. Entomol.* 29: 939-945.
- Kimura, M. 1991. Recent developments of the neutrak theory viewed from the Wrightian tradition of theoretical population genetics. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 88: 5969-5973.

- Klein, T. A. & J. B. P. Lima. 1990. Seasonal distribution and biting patterns of *Anopheles* mosquitoes in Costa Marques, Rondonia, Brazil. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 6: 700-707
- Kreutzer, R. D., J. B. Kitzmiller & E. Ferreira. 1972. Inversion polymorphism in the salivary gland chromosomes of *Anopheles darlingi* Root. *Mosq. News* 32: 555-565.
- Linthicum, K. J. 1988. A revision of *Argyritarsis* section of the subgenus *Nyssorhynchus* of *Anopheles*. *Mosq. Syst.* 20: 98-271.
- Lounibos L. P., N. Nishimura, J. Conn & R. Lourenço -de- Oliveira. 1995. Life history correlates of adult size in the malaria vector *Anopheles darlingi*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 90 (6): 769-774.
- Lynch, M. & B. G. Milligan. 1994. Analysis of population genetic structure with RAPD markers. *Molecular Ecology* 3: 91-99.
- Manguin S., R. Wilkerson, J. Conn, Y. Rubio-Palis, J. A. Dannoff-Burg & R. Roberts. 1999. Population structure of the malaria vector in South America, *Anopheles darlingi*, using isozyme, random amplified polymorphic DNA, internal transcribed spacer 2, and morphologic markers. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 60 (3): 364-376
- McDonald, J. F. & F. J. Ayala 1974. Genetic response to environmental heterogeneity. *Nature.* 250: 572-574.
- Meigen, J. W. 1818. Systematische Beschreibung der bekannten europäischen zweiflügeligen Insekten. Vol. 1. Aachen.
- Mendes-dos-Santos, J. M., J. A. Lobo, P. Tadei & B. C. Eucleia. 1999. Intrapopulational genetic differentiation in *Anopheles (N.) darlingi* root, 1926 (Diptera: Culicidae) in the Amazon region. *Genetics and Molecular Biology.* 22 (3): 325-331
- Mendes dos Santos, J. M. M, P: Tadei & P. B. Contel. 1996. Electrophoretic analysis of 11 enzymes in natural populations of *Anopheles (N.) darlingi* Root, 1926 (Diptera: Culicidae) in the Amazon região. *Acta Amazonica.*; 26 (1-2): 97-113.
- Mendes dos Santos, J. M., E. P. B: Contel & W. E. Kerr. 1981. Biología de anofelinos amazônicos. 1- ciclo biológico, postura e estadios larvais de *Anopheles darlingi* Root 1926 (Diptera: Culicidae) da Rodovia Manaus- Boa Vista. *Acta Amazonica.* 11(4): 789-797.
- Miller, M. P. 1998. Amova-Prep 1.01. A program for the preparation of Amova input files from dominant-marker raw data. Northern Arizona University.
- Munstermann, L. E. & J. Conn. 1997. Systematics of mosquito disease vectors (Diptera: Culicidae): Impact of molecular biology and cladistic analysis. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 351-369.
- Nei, M. 1972. Genetic distance between populations. *Am. Nat.* 106: 283-292.
- Nei, M. & W. H. Li. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 76: 5269-5273.

- Ohta, T. 1982a. Linkage disequilibrium due to random genetic drift in finite subdivided populations. *Proc. Natl. Etude. Sci.* 79: 1940-1944.
- Ohta, T. 1982b. Linkage disequilibrium with the island model. *Genetics* 101: 139-155.
- Pajot, F.X., F. LePoint, J.F. Molez & N. Degallier. 1977. Aggresivité d'*Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* Root, 1926 (Diptera: Culicidae) en Guyane Francaise. *Cah. ORSTOM. Ser. Entomol. Med. Parasitol.* 15:15-22..
- Powel, J. R & C. E. Taylor. 1979. Genetic variation in ecologically diverse environments. *Amer. Sci.* 67: 590-596.
- Powel, J. R. 1971. Genetics polymorphisms in varied environments. *Science* 174: 1035-1036.
- Root, F. M. 1926. Studies on Brazilian mosquitoes. I. The anophelines of the *Nyssorhynchus* group. *Am. J. Hyg.* 6: 684-717.
- Rosas-Freitas, M. G; G. Broomfield; A. Priestman; P. Milligan; H. Momen & D. H. Molyneux. 1992. Cuticular Hydrocarbons, Isoenzymes and behavior of three populations of *Anopheles darlingi* from Brazil. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 8(4): 357-366
- Rozeboom, L. E. 1942. Subspecific variations among neotropical *Anopheles* mosquitoes, and their importance in the transmission of malaria. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 22(3): 235-255.
- Rozendaal, J. A. 1990. Epidemiology and control of malaria in Surinam, with special references to *Anopheles darlingi*. ICG Printing b.v. Dordrecht.
- Sage, R. D. & J. O. Wolff. 1986 Pleistocene glaciations, fluctuating ranges, and low genetic variability in a large mammal (*Ovis dali*). *Evolution.* 40: 1092-1095.
- Sambrook, J., C. R. Fritsch & T. Maniatis. 1989. Molecular cloning: A Laboratory manual. 2da ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, N. Y.
- Selander, R. K., & D. W: Kaufman. 1973a. Genetic population structure and breeding systems. *Isozymes IV:* 27-48.
- Slatkin, M. & N. H. Barton. 1989. A comparison of three indirect methods for estimating average levels of gene flow. *Evolution* 43:1349-1368.
- Steiner, W. W. M. S. Narang, J. B. Kitzmiller & D. L. Swofford. 1982. Genetic divergence and evolution in neotropical *Anopheles (subgenus Nyssorhynchus)*. Pp 523-550. *En: Steiner W. W. M., W. J. Tabachnick, S. Narang. (Eds.) Recent developments in the genetics of insect disease vectors. Champaign (I. L.): Stipes Publishing.*
- Tabachnick, W. J. & W. C. Black IV. 1996. Population Genetics in Vector Biology. Pp. 417-437. *En: The Biology of Disease Vectors. Beaty, B. J. and W. C. Marquardt (eds). University Press of Colorado.*
- Tadei, W. P., J. M. M. Santos, W. L. S. Costa & V. M. Scarpassa. 1988. Biologia de anofelinos amazonicos. XII. Ocorrencia de especies de *Anopheles*, dinamica de transmissao e controle de malaria na zona urbana de Arequimes (Rondonia). *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo.* 30: 221-251.

- Tadei, W.P., J.M.N. Santos & M.G. Rabbani. 1982. Biología de anofelinos amazónicos. V, Polimorfismo cromosómico de *Anopheles darlingi* Root (Diptera: Culicidae). *Acta Amazonica* 12: 353-369.
- Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T. Van de Lee, M. Hornes, M. Freijters, J. Pot, J. Peleman M. Kuiper & M. Zabeau. 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Res.* 23: 4407-4414.
- Weir, B. S. & C. C. Cockerham. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution* 38: 1358-1370.
- Wilkerson, R., T. Gaffigan & J. Lima. 1995. Identification of species related to *Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis* by random amplified polymorphic DNA-Polymerase chain reaction (Diptera: Culicidae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 90 (6): 1-12.
- Wilkerson, R. C., T. J. Parson, D. G. Albright, T. A. Klein & M. J. Braun. 1993. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers readily distinguish cryptic mosquito species (Diptera: Culicidae: *Anopheles*). *Insect. Mol. Biol.* 1(4): 205-211.
- Wright, S. 1951. The genetical structure of populations. *Annals of Eugenetics* 15: 323-354.
- Yan, G., J. Romero-Severson, M. Walton, D. D. Chadee & D. W. Severson. 1999. Population genetics of the yellow fever mosquito in Trinidad: comparisons of amplified fragment length polymorphism (AFLP) and restriction fragment length polymorphism (RFLP) markers. *Molecular Ecology.* 8: 951-963.
- Zhivotovsky, L. A. 1999. Estimating population structure in diploids with multilocus dominant DNA markers. *Molecular Ecology* (8): 907-913
- Weir, B. S. & C. C. Cockerham. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution* 38: 1358-1370.
- Wilkerson, R., T. Gaffigan & J. Lima. 1995. Identification of species related to *Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis* by random amplified polymorphic DNA-Polymerase chain reaction (Diptera: Culicidae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 90 (6): 1-12.
- Wilkerson, R. C., T. J. Parson, D. G. Albright, T. A. Klein & M. J. Braun. 1993. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers readily distinguish cryptic mosquito species (Diptera: Culicidae: *Anopheles*). *Insect. Mol. Biol.* 1(4): 205-211.
- Wright, S. 1951. The genetical structure of populations. *Annals of Eugenetics* 15: 323-354.
- Yan, G., J. Romero-Severson, M. Walton, D. D. Chadee & D. W. Severson. 1999. Population genetics of the yellow fever mosquito in Trinidad: comparisons of amplified fragment length polymorphism (AFLP) and restriction fragment length polymorphism (RFLP) markers. *Molecular Ecology.* 8: 951-963.
- Zhivotovsky, L. A. 1999. Estimating population structure in diploids with multilocus dominant DNA markers. *Molecular Ecology* (8): 907-913

Caracterización de la diversidad de hormigas en paisajes rurales andinos

Elizabeth Jiménez & Fabio H. Lozano Z.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá

Palabras claves: Conservación, Fragmentación, Andes Colombianos, Biodiversidad, Gremios, Hormigas.

Introducción

La deforestación de los bosques, generalmente con fines agropecuarios han alterado en gran medida los ecosistemas naturales conduciendo a la creación de parches más o menos aislados de bosque, proceso conocido como fragmentación (Hamilton et al. 1995). Los bosques montanos de los Andes Colombianos son uno de los tipos de bosque que han sido mas afectados por este proceso, se estima que solo queda el 27% de los bosques montano alto y bajo (Cavelier y Etter, 1995), esto debido en gran parte a las altas tasas de deforestación como consecuencia de la alta densidad poblacional concentrada en la zona, que a llevado a que grandes regiones de los Andes Colombianos estén ahora dominadas por pastizales y áreas abiertas, algunas veces erosionadas. (Kattan & Alvarez-Lopez, 1996).

Uno de los grupos de animales menos conocidos dentro de los bosques de montaña son los insectos. Ellos son el componente mas diverso de los ecosistemas terrestres (Jaffé 1993, Kremem et al. 1993), a pesar de esto su conservación sigue siendo un subproducto del esfuerzo de conservación de plantas y vertebrados. Los insectos han demostrado ser un grupo con valiosas cualidades para el monitoreo de comunidades (Pearson 1994, Brown 1989) ya que son faciles de coleccionar, abundantes, ubicuos e importantes como indicadores ecológicos (Brown 1991, Kremen et al. 1993, Samways 1994). Las especies que son consideradas indicadoras, son organismos cuyas características (presencia, ausencia, abundancia, densidad poblacional o patrones de dispersión y colonización), son utilizadas para obtener información sobre el estado de la calidad del ambiente.

Las hormigas son uno de los grupos de insectos que

tienen especial interés por sus cualidades como indicadores de biodiversidad (Roth et al 1994), de perturbación (Olson 1991, Majer 1992), y de rehabilitación de ecosistemas (Majer 1983) o para detectar centros de concentración de especies raras y endemismos (Majer 1983, Andersen 1991, Brown 1991) además pueden llegar a reflejar lo que sucede a otros grupos en ambientes cambiantes. La distribución de sus especies en gradientes sucesionales o usos diferentes de la tierra han concluido que, con el aumento en la complejidad estructural del ecosistema también aumenta la riqueza y diversidad de las especies de hormigas (e.g. Room 1975, Majer & Camer-Pesci 1991, Roth et al. 1994, Bustos & Ulloa-Chacón 1996).

La posibilidad de encuadrar a las hormigas en categorías funcionales transforma a este grupo de organismos particularmente importante en la evaluación del estado y condición del ambiente, principalmente debido a la abundancia relativamente alta y su capacidad de respuesta a las modificaciones en la estructura de los sistemas naturales. Con la descripción de la composición de los gremios reconocidos tenemos en las manos una herramienta que nos permite realizar comparaciones funcionales entre composiciones de especies de diferentes ambientes, no solamente tomando en consideración una lista de especies, sino también confrontando los modelos estructurales de los gremios; revelando, de esta forma, diferencias en la ecología de las comunidades observadas.

Este estudio busca aportar información sobre la distribución y composición de especies de hormigas de suelo en los ecosistemas de montaña, de los Andes Colombianos, además de describir la complementariedad y similaridad de la comunidad de

hormigas de suelo presentes en los diferentes elementos que se encuentran en un paisaje fragmentado (Bosques, fragmentos boscosos, Bordes de bosque, cañadas o bosque ripario, plantaciones forestales, y la matriz de potreros) con el fin de buscar grupos de especies indicadoras que sirvan para establecer una propuesta de evaluación rápida, y sencilla de la calidad de hábitat.

Métodos

Área de estudio

El área de estudio corresponde a una "ventana de paisaje rural ganadero" de 2500 Ha, la cual esta ubicada en el Cañón del Río Barbas, entre los municipios de Filandia (Quindío) y Pereira (Risaralda), área ubicada en el piedemonte de la Cordillera Central, flanco occidental, en una franja altitudinal comprendida desde los 1700 a 2100 m.s.n.m.

Según la CRQ (s.f.a) las tendencias en el uso del suelo a través del tiempo se enmarcan en varias actividades entre ellas los suelos en pastos, generalmente praderas con pastos mejorados, naturales o ambos.

Con base en la información generada de fotografías aéreas de la ventana de estudio, esta se dividió en 8 cuadrantes, en cada uno de los cuales se identificaron seis elementos del paisaje para el muestreo (bosques, fragmentos de bosque, bordes de bosque, cañadas, plantaciones forestales, Matriz de potreros). Cada uno de los elementos del paisaje fue caracterizado en su estructura y composición vegetal así:

Bosques:

Los bosques nativos con poco grado de intervención se localizan en las partes altas de las montañas y se han conservado por lo escarpado del terreno y su difícil acceso; este es el caso del cañón del Río Barbas, una de las extensiones de bosque que se encuentran en la ventana de estudio. Los bosques extensos ocupan cerca de 782 Ha lo que equivale al 29,41% de la ventana. La mayoría son bosques maduros con más de 35 años de antigüedad, con presencia de los 5 estratos (rasante o mucinal, arbustivo, subarbóreo, arbóreo inferior y arbóreo superior). El estrato arbóreo superior o dosel tiene en promedio 25 m, aunque en algunos casos alcanza hasta los 35 o 40m. Entre las especies de árboles dominantes se encuentran los helechos arborescentes (*Cyathea caracasana*, *Cyathea* sp. y *Nephelea* sp.); *Otoba lehmannii*, *Chrysochlamys colombiana* y *C. dependens*; palmas como la *Wettinia kalbreyeri* (especie

considerada vulnerable de extinción). Además de reportarse la presencia de 4 especies en peligro crítico de extinción: *Magnolia gilbertoi*, *Magnolia hernandezii*, *Ceroxylon quinduense*, *Aniba perutilis*.

Fragmentos de bosque:

Se caracterizaron por tener áreas promedio no superiores a las 20 ha ocupando cerca del 4.44% del área total de la ventana con 118 ha. en total. La mayoría de los fragmentos no se encuentran cercados y es frecuente encontrar ganado pastoreando dentro de ellos, los estratos arbóreos en promedio no varían mucho respecto al bosque extensos, Las especies dominantes encontradas: *Otoba lehmannii*, *Nephelea* sp.1, *Cyathea* sp.1, *Henriettea trachyphylla*, *Ladenbergia oblongifolia*, *Psychotria trichotoma*, *Chrysochlamis dependens*.

Cañadas:

Ocupan 203 Ha. del total de la ventana. La mayoría de estos elementos no se encuentran cercados y el acceso por parte del ganado es frecuente, algunas de ellas presentan sotobosques deteriorados principalmente por pisoteo. Son utilizadas como bebedero y proveen sombra a los animales de los potreros. Con alturas promedio de dosel (18-20 m) y con amplitudes que varían de 5 a 30 m. Las especies dominantes son: *Cyathea caracasana*, *Nephelea* sp.1, *Tibouchina lepidota*, *Wettinia kalbreyeri*, *Chrysochlamis colombiana*, *Cyathea* sp.1, *Chrysochlamis dependens*, *Symplocos quindiuensis*.

Bordes de bosque:

Son los bordes abruptos entre los bosques y matriz de pastizales. Relieve ligeramente escarpado con pendiente promedio es 18,6°. La altura de los estratos varía ampliamente, sin embargo, el dosel alcanza los 18 m, aunque en promedio puede ser de 12 a 15 m. Las especies dominantes son *Croton smithianus*, *Hedyosmum bonplandianum*, *Cyathea caracasana*, *Hyeronima scabrida*, *Miconia acuminifera*, *Oreopanax floribundum*, *Alchornea coelophylla*, *Symplocos quindiuensis*.

Plantaciones Forestales:

Compuestas principalmente por tres especies *Pinus patula*, *Eucalyptus globulus* y *E. grandis*, cubren 345 Ha. de la ventana de paisaje rural ganadero. La

ubicación de estas poblaciones coincide con pendientes menores, suelos más profundos propicios para actividades económicas. Se caracterizan en promedio por carecer estrato arbóreo inferior o este es muy bajo comparado con los otros elementos. Doseles abiertos de hasta 40m y sotobosques pobres dominados por especies colonizadoras de áreas abiertas *Miconia lehmannii*, *Cinchona officinalis*, *Palicourea angustifolia*, *Rubus guianensis*, *Lepidaploa canescens*, *Piper* sp.

Matriz de Pastizales:

En las 2500 Ha de estudio, 1207 Ha. están en pastos, la ganadería predominante es extensiva para producción de leche y en menor proporción carne se desarrolla especialmente con razas cebú y cruces con criolla. Las zonas de pastos naturales están asociadas con rastrojos, los potreros son tradicionales con mezcla de gramíneas y arvenses, con escasas prácticas de manejo. Los estratos medidos fueron gramíneos, dato muy variable ya que los potreros iban desde usados para cría de equinos con altura de 0,5 cm hasta algo enmalezados o con pasto *Brachiaria decumbens* con altura máxima de 50-60 cm. Dominados por la familia Poaceae (*Brachiaria decumbens*, *Paspalum paniculatum*, *Paspalum conjugatum* y *Paspalum macrophyllum*).

En arvenses y arbustos se encontraron especies como *Tibouchina ciliaris*, *Austroeupeatorium inualefolium*, *Rubus guianensis*, *Verbena litoralis*, *Hyptis capitata*, *Coccocypselum hirsutum*. Únicamente en el caso de los potreros M3 y M8 habían árboles *Acacia melanoxylon* y *A. decurrens*, *Tibouchina lepidota* y *Fraxinus chinensis*.

Metodología

Los muestreos se realizaron en cada elemento del paisaje, estableciéndose un transecto de 150 m. de largo por 10 m. de ancho en el interior de cada elemento, sobre este transecto se ubicaron las estaciones de muestreo en los primeros 50 m (transecto 1), y en los últimos 50 m. (transecto 2), dejando 50 m. libres en la mitad de los dos transectos.

En el transecto 1 y 2 se ubicaron 12 estaciones de muestreo a intervalos de 10 m. y se le asignó a cada estación un código que facilite su ubicación. Los transectos fueron georeferenciados con GPS.

Las estaciones de muestreo contaron con dos métodos de captura, ubicados perpendicularmente a la dirección del transecto (cuando las condiciones del elemento del paisaje lo permitan) y separados por 10 m. los métodos de captura se alternaron de posición a lo largo del transecto.

Métodos de captura

Trampas de caída (pitfall): consiste en un vaso plástico de 10 cm. de diámetro (14 onzas aprox.) semilleno con una solución de alcohol etílico al 70%. Después de lo cual se colectaron las hormigas en bolsas de sello hermético, cada muestra se rotuló, teniendo en cuenta datos como: la estación y lugar de muestreo.

Extracción de hojarasca: Se raspó 1 m.² de la superficie del suelo recogiendo la hojarasca que encontraba en este, luego se pasó por un cernidor o colador de malla plástica, para obtener un material vegetal más fino, el material vegetal cernido es rotulado y colectado en un recipiente plástico que se encuentra debajo del cernidor; y posteriormente es colocado en una malla de tela que se encuentra en el interior del saco winkler, luego este se cierra y se cuelga por 48 horas, las hormigas tenderán a movilizarse en respuesta a la perturbación de su hábitat (Bestelmayer *et al.* 2000) y caerán en un recipiente con alcohol al 70% que se encuentra al final del saco. Las hormigas colectadas serán almacenadas en viales con alcohol al 70% y rotuladas teniendo en cuenta datos como: la estación y lugar de muestreo.

Uno de los factores abióticos que regula las poblaciones de hormigas es la temperatura, es por esto que esta variable que se midió, con ayuda de un termómetro de suelo que es enterrado cada 20 m en el sitio que se hace la extracción de hojarasca.

En total se colocaron 780 trampas, 390 trampas de caída y 390m² de extracción de hojarasca entre los meses de mayo a julio de 2002. La colección de referencia fue depositada en la colección Entomológica del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) en Villa de Leyva-Boyacá.

Se realizaron curvas de acumulación de especies por elemento del paisaje (EstimateS 6b1a). Se calculó la riqueza (Nº total de especies) y la abundancia (Nº total de capturas de una especie), se hicieron cluster de agrupamiento (SYSTAT).

Resultados

Se colectaron 95 especies de hormigas, agrupadas en 36 géneros y 7 subfamilias: Myrmicinae, Ponerinae, Formicinae, Dolichoderinae, Ecitoninae, Cerapachyinae y Leptanilloidinae.

La subfamilia con el mayor número de especies es Myrmicinae con el 49.47% del total, seguido por Ponerinae y Formicinae con el 30.52% y 12.63% respectivamente. Las subfamilias Cerapachyinae y Leptanilloidinae con un solo ejemplar cada una representando el 1.05%. Consideradas como rarezas con hábitos subterráneos, nidos temporales, comportamientos nómadas y legionarios son reportadas por primera vez para el Quindío. La subfamilia Leptanilloidinae es estrictamente neotropical y se conoce exclusivamente de las montañas de los andes en Colombia y Ecuador (Brandao *et al.* 1999).

Nuevos registros para Colombia, *Pheidole browni*, *P. exquisita* y 6 nuevas especies pertenecientes a los géneros *Pheidole*, *Pachycondyla*, *Eurhopalotrix*, *Leptanilloides*, *Cyphomyrmex*, *Pyramica*.

Comparación de la riqueza de especies por elemento

La mayor riqueza de especies se registró en los bosques con 66 especies, seguido por los bordes de bosque 60

especies; cañadas 52 especies, fragmentos de bosque, plantaciones y matriz de pastizales ostentan las riquezas más bajas (Tabla N°1). Los bosques y los bordes de bosque tienen el mayor número de especies únicas, estos bosques tienen una riqueza vegetal y complejidad estructural (5 estratos) que favorece la diversificación de nichos explotados por las hormigas, llama la atención que muchas de las especies únicas de los bordes sean especies que son consideradas rarezas de interior de bosque, esto puede deberse a dos factores: (1) los bordes son abruptos y no hay un gradiente de vegetación entre los pastizales y los bosques por lo tanto no estamos teniendo en cuenta a aquellas especies que se encuentran en hábitats de sucesión temprana, (2) los bordes presentan pendientes muy elevadas (18.6°) lo que hace que cuando tomamos las muestras 10 m. al interior del borde del bosque tanto las condiciones de cantidad de hojarasca como la temperatura son muy parecidas a las del interior de bosque.

Los fragmentos de bosque no presentan especies únicas, por su tamaño y grado de aislamiento además de no tener un manejo adecuado por lo cual los fragmentos se convierten en subconjuntos de especies de bosque, que a pesar de su bajo número de especies están albergando algunas pocas especies que solo comparten con los bosques extensos es el caso de *Protalaridris armata* que solo se conoce de las montañas de Colombia y Venezuela y *Amblyopone degenerata* que podemos

Tabla 1. Riqueza de especies por elemento.

Elemento del Paisaje	Riqueza de especies	Especies únicas	Especies
Bosque	66	6	<i>Amblyopone degenerata</i> , <i>Apterostigma</i> sp.1, <i>Gnamptogenys minuta</i> , <i>Pheidole</i> sp.8, <i>Prionopelta</i> sp.1, <i>Rogeria scandens</i>
Borde de Bosque	60	6	<i>Adelomyrmex</i> sp.2, <i>Cerapachys</i> sp.1, <i>Eciton burchelli</i> , <i>Leptanilloides</i> sp.1, <i>Simopelta</i> sp.1, <i>Simopelta</i> sp.2
Fragmento de Bosque	43	0	
Cañada	52	2	<i>Pheidole</i> sp.18, <i>Proceratium</i> sp.1
Plantación	36	1	<i>Gnamptogenys andina</i>
Matriz de Potrero	35	3	<i>Solenopsis</i> sp.1, <i>Labidus predator</i> , <i>Pyramica</i> sp.4

considerar una rareza ya que solo tenemos dos capturas de esta especie.

Las cañadas se caracterizan por ser restos de bosque degradado a lo largo de arroyos y riachuelos que por estar conectadas con los grandes parches de bosque de la región poseen una riqueza de especies relativamente alta con algunas pocas especies únicas que sumadas a las especies que solo comparte con los bosques extensos puede ayudar a potenciar su valor biológico como conectores que faciliten el movimiento de las especies de interior de bosque con parches o fragmentos de bosque aislado, la baja riqueza de hormigas en las plantaciones forestales y la matriz es el reflejo de su homogeneidad vegetal, poca heterogeneidad vertical y escaso sotobosque de estos ambientes.

Curvas de acumulación de especies.

Las curvas de acumulación de especies se realizaron considerando la combinación de una trampa de caída con un Winkler por estación de muestreo como unidad de muestra, en total se hicieron 780 estaciones en todo

el paisaje. Las curvas se hicieron por tipo de elemento muestreado y una para el paisaje, utilizando el programa EstimateS, con los estimadores Ice y Chao 2. El elemento con el mayor porcentaje de acumulación es el bosque, que se encuentra entre el 90 y 92%, seguido por los Borde de Bosque y los Fragmentos de Bosque con promedios de 74.17 a 77% y 74.33 a 79.16% respectivamente. Estos porcentajes de acumulación de especies nos dan una idea de la efectividad de la intensidad del muestreo y de los buenos resultados de la metodología para caracterizar un paisaje fragmentado. La matriz de pastizales y plantaciones presentan curvas de acumulación bajas, a pesar de las pocas especies encontradas en estos elementos. (Tabla N°2).

La curva de acumulación de especies para el paisaje de Filandia obtuvo porcentajes entre 86.46 y 88.20%, lo que nos indica una gran aproximación al conocimiento de la mayoría de las especies de la región. (figura 1).

Tabla 2. Porcentaje de las curvas de acumulación de especies para los diferentes elementos del paisaje.

Elementos	Observados	Chao2	%	Ice	%
Bosque	66	72.8	92	74.40	90
Borde	60	82.24	74.17	79.22	77
Cañada	52	74.60	71.04	74.43	71.20
Fragmento	43	56.84	79.16	60.54	74.33
Plantación	36	71,33	43,5	43,5	71,9
Matriz-Pastizal	35	51.36	76.14	51.36	70.09

Análisis de agrupamiento por riqueza de especies

Con base en la riqueza y abundancia de hormigas de los diferentes elementos del paisaje se obtuvo un dendrograma que diferencia claramente 2 grupos (figura 2), en el primero se encuentran los bosques cuya composición y riqueza de especies es diferente a todos los demás elementos, en un segundo grupo se encuentran todos los demás elementos, encontrando una división entre los elementos con cobertura arbórea subagrupados de la siguiente forma los fragmentos de

bosque y las cañadas que se caracterizan por tener una cobertura arbórea remanente con poco manejo y alta presión por la entrada del ganado, que son conservados en la mayoría de los casos por prestar algún servicio a los campesinos muchos de los fragmentos tienen nacimientos de agua o pequeños riachuelitos, los bordes de bosque y plantaciones forestales, estos elementos se caracterizan por poseer una cobertura arbórea con poca estratificación, sotobosque escaso y alta influencia de la matriz, por lo que su riqueza de especies es un resultado de la mezcla de especies que se encuentran

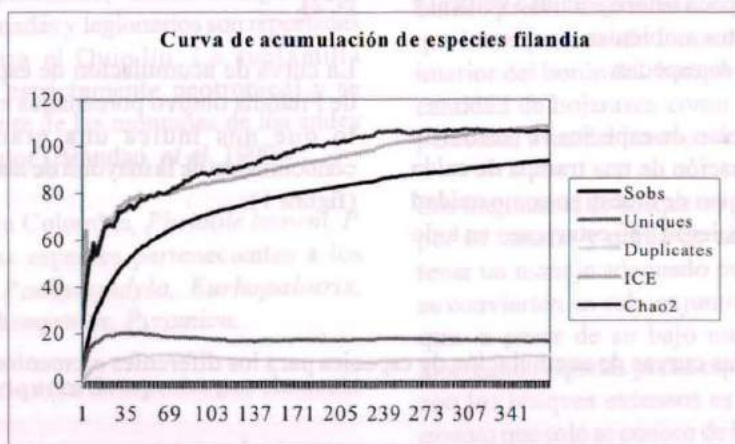


Figura N° 1 Curva de acumulación de especies para el Paisaje de Filandia.

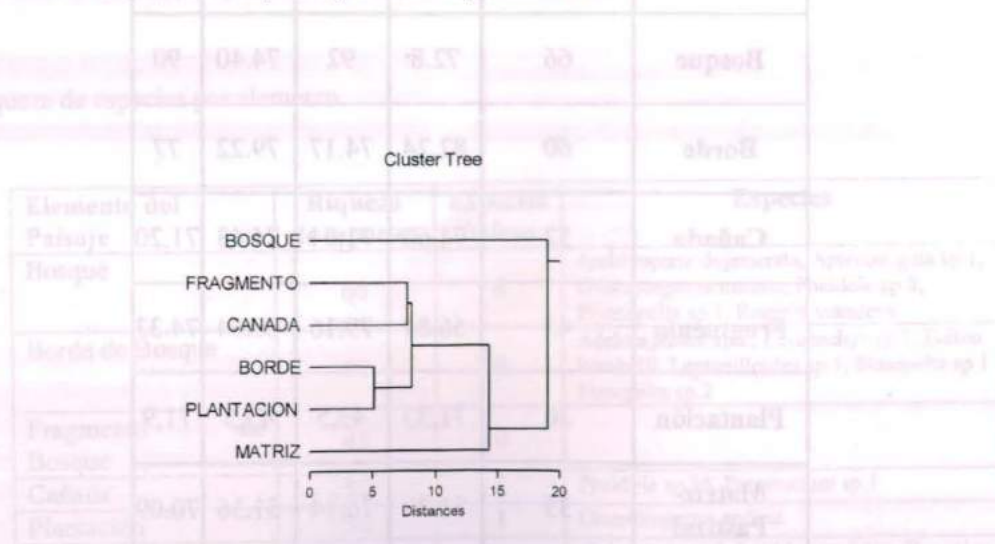


Figura 2. Dendrograma de similitud de los elementos del paisaje según la composición y abundancia de especies de hormigas. Se utilizó la distancia métrica Euclidiana con el método de varianza mínima de Ward

en los elementos cercanos, en las plantaciones forestales se encuentran especies que tienen menos exigencias ambientales, pero que la fluctuación de la temperatura si parece afectarles es el caso de algunas especies del género *Pheidole* que aun se encuentran en las plantaciones pero que desaparecen de los pastizales un tercer sub-grupo formado por la matriz de poteros, donde las especies que se encuentran en este elemento deben tolerar la falta de cobertura arbórea, la incidencia directa del sol y el viento, y una amplia fluctuación de la temperatura del suelo. A pesar de las prácticas de manejo inadecuadas, y la pobreza estructural y vegetal de estos habitats, vemos que los pastizales comparten cerca de 20 especies con los la vegetación nativa circundante, número significativo si tenemos en cuenta que el promedio de especies en las replicas de las matrices es de 10 especies, lo que puede estar sugiriendo un efecto de sitio que podría estar determinado por la distancia, tamaño y riqueza de los fragmentos boscosos cercanos ya que los bosques B1, B3, B5 y B8 son los que tienen el mayor número de especies, como por las condiciones de manejo de las matrices pues aquella que presentaron mayor número de especies tenían algunos árboles relictuales dispersos como los potreros M3, M5, M8 ó potreros enmalezados como el potrero M1.

Los análisis de riqueza de especies nos dan una idea de la cantidad de especies que se encuentran en un elemento pero no de quienes son esas especies, que papeles están cumpliendo, cuales son las mas afectadas por la fragmentación y cuales se benefician de la transformación de su hábitat.

Conformación de los Gremios

La idea de que las comunidades animales pueden estar estructuradas en la forma de gremios ha sido argumentada por muchos investigadores refiriéndose a grupos de especies que explotan los mismos tipos de recursos y que utilizan las mismas estrategias en la ocupación de sus nichos. Según Silvestre y colaboradores en 2003 (en prensa), sugieren que para la formación de un gremio se deben considerar el mayor número de variables ecológicas posibles; Especies pertenecientes al mismo gremio serían, de esta manera, aquellas que sobreponen el mayor número de variables dentro del nicho multidimensional; solamente así podríamos afirmar que este grupo de especies estaría actuando de modo similar en el ecosistema, siendo ecológicamente "correspondiente" en sus funciones,

independiente de la discontinuidad de los recursos a lo largo de un gradiente espacial.

Con base en esto las variables que tuvieron en cuenta para la clasificación de las hormigas en gremios fueron las siguientes: 1 = comportamiento; 2 = Trófica; 3 = Localización del nido; 4 = Substrato de forrajeo; 5 = Tipo de actividad de forrajeo; 6 = Forma de reclutamiento; 7 = estructura corporal especializada; 8= tamaño relativo de las obreras; 9=Agilidad relativa de las obreras en los rastros, 10= Población estimada para la colonia madura y 11= Método de colecta por el cual la especie fue capturada con mayor eficiencia, con estas variables ellos logran definir 15 gremios de los cuales identificamos y adaptamos 8 para nuestro caso de estudio que aparecen a continuación:

- Grupo 1. Depredadoras grandes epigeas.
- Grupo 2. Especies nómadas.
- Grupo 3. Especies nómadas crípticas especializadas.
- Grupo 4. Atinas crípticas, cultivadoras de hongos sobre cáscaras.
- Grupo 5. Forrajeras generalistas.
- Grupo 6. Especialistas crípticas de suelo.
- Grupo 7. Mirmicinas crípticas depredadoras especializadas.
- Grupo 8. Ponerinas crípticas depredadoras especializadas.

Distribución los gremios en los diferentes elementos del paisaje

Los bosques tienen una mayor abundancia y representatividad de especies de todos los gremios, (Fig.1). Aunque hay representatividad de la mayoría de los gremios en los diferentes elementos del paisaje la proporción entre ellos (sus respectivas abundancias) y el numero de especies que los componen se ven alteradas a medida que la diversidad y la estratificación vegetal disminuye manifestándose en la dominancia de especies generalistas, en la matriz este gremio queda representado por la dominancia de las especies de los géneros *Linepithema* y *Solenopsis*. La pérdida de algunas especies se traduce en el aumento de otras que dominan los ambientes más intervenidos ocupando los nichos que otras especies han dejado.

En cuanto a otros gremios como las cultivadoras de hongos, es uno de los gremios mas afectados por la

transformación de remanentes de vegetación nativa, pues si bien las plantaciones forestales tienen cobertura arbórea esta es muy homogénea y no brinda la diversidad de sustratos que estas hormigas requieren para cultivar el hongo del cual se alimentan. En la matriz solo se encuentra una especie de la ocho reportadas para este estudio, la falta de disponibilidad del recurso hojarasca trae como consecuencia la carencia de sitios de nidificación que limita el establecimiento de estas hormigas, además de la deficiencia de frutos que son el sustrato preferido por estas para cultivar el hongo, pues en este estudio no encontramos hormigas cortadoras de hojas que si parecen ser favorecidas por la perturbación del hábitat.

Las especies especialistas crípticas del suelo, y las especies nómadas críptica especializadas, solo se encuentran en las áreas boscosas (bosques, fragmentos de bosque) y en los bordes de bosque en proporciones similares; lo que evidencia la necesidad de hábitas mejor conservados para el establecimiento de estas hormigas,

sus relaciones especializadas con otros grupos de insectos difícilmente logran reproducirse fuera de las áreas boscosas. La presencia de especies nómadas en algunos elementos depende en gran parte de la fase migratoria en el momento del muestreo, no obstante son un factor regulador de las hormigas ya que su ejército de obreras ahuyenta los artrópodos a su paso además de atacar a otras hormigas e insectos sociales.

En cuanto a las Myrmicinas depredadoras crípticas y las Ponerinas crípticas depredadoras especializadas disminuyen sus abundancias y las especies que los componen proporcional y gradualmente a medida que se pierde la cobertura arbórea nativa. Las depredadoras grandes epigeas es otro de los gremios mas afectados por la fragmentación disminuyendo drásticamente con la transformación de los hábitas boscosos representando a este gremio una sola especie en las plantaciones y dos especies en la matriz de las cinco especies encontradas en este estudio. (Fig. 3)

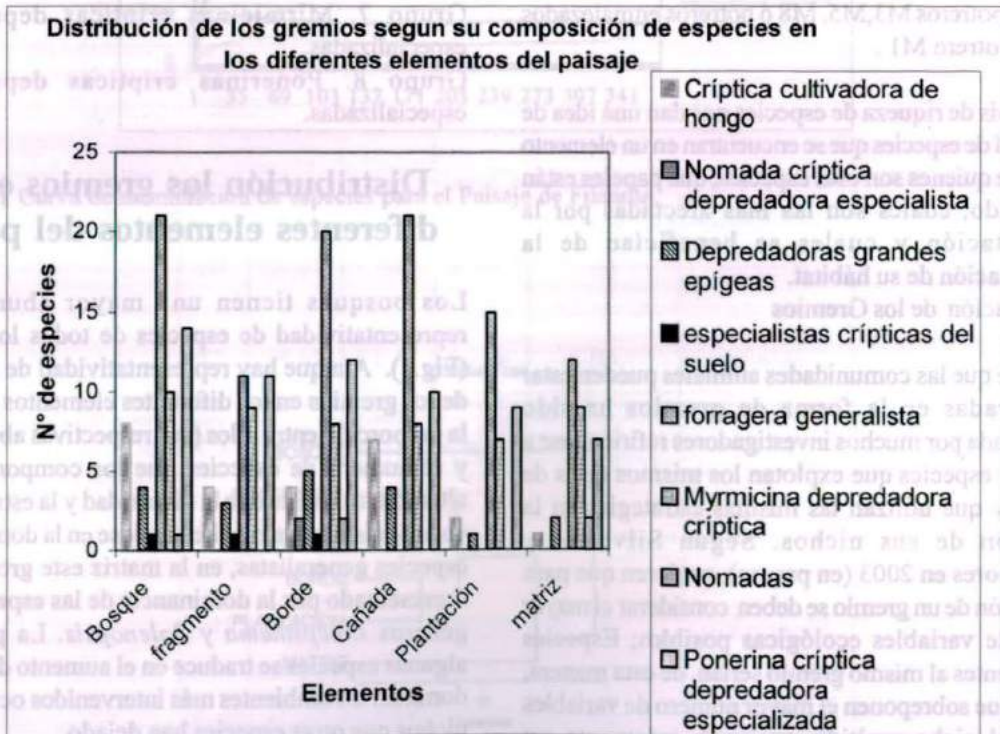


Figura 3. Distribución de los gremios según su composición de especies en los diferentes elementos del paisaje

Comparación de las comunidades de hormigas a través del modelo de gremios

Otra forma de comparar las comunidades de hormigas a través del modelo de gremios es utilizando el índice de similaridad de Sørensen adaptado por Silvestre y definido como el índice de similaridad funcional que incluye el número de gremios muestreados por localidad y el número de especies presentes dentro de los gremios, si utilizamos este índice no para comparar comunidades de distintas localidades si no para comparar los distintos elementos del paisaje de esta forma estaríamos considerando que tan parecidos son unos elementos a otros dependiendo del número de gremios existen en cada uno de los elementos del paisaje, cuantos son comunes entre ellos; el número de especies registradas para cada elemento y el número de especies compartidas dentro de los gremios:

Índice de Sorensen adaptado por Silvestre =

$$Sf = \frac{2 \times Gc \times Nc}{Ga \times Na + Gb \times Nb} \times 100$$

siendo:

- Ga = número de gremios en la elemento 1
- Gb = número de gremios en la elemento 2
- Gc = número de gremios en común en las dos elementos
- Na = número de especies registradas en la elemento 1
- Nb = número de especies registradas en la elemento 2
- Nc = número de especies compartidas dentro de los gremios.

Con la aplicación del índice de similaridad funcional encontramos algo que no había sido claro con los análisis de agrupamiento, los bosques extensos son más parecidos funcionalmente a los fragmentos de bosque 73%, seguido de los elementos cañada 71% y borde de bosque 66%. Este resultado tal vez de más luz acerca de la complejidad y fragilidad de los fragmentos de bosque, que se pueden encontrar en un punto de desequilibrio donde su riqueza de especies y sus poblaciones no son lo suficientemente grandes, y los potreros puede estar limitando el traslado de algunas especies de un fragmento a otro, pero que la presencia de un gran e importante parche de bosque extenso pueda estar potenciando y ayudando a mantener la diversidad biológica de todos los fragmentos al mismo tiempo que se disminuyen las posibilidad de extinciones locales de las especies con mayor movilidad.

Por otro lado las cañadas siguen siendo un elemento con un alto valor biológico que puede llegar a facilitar el movimiento de especies de un fragmento a otro contribuyendo significativamente al potencial de conservación biológica de los fragmentos.

Estas complejas relaciones de las hormigas nos permiten realizar distinciones funcionales entre composiciones de especies en diferentes ambientes, que nos ayudaran a separar los elementos del paisaje según su complejidad funcional (Riqueza de especies, riqueza de gremios y abundancias de las especies que componen dichos gremios).

Los bosques extensos: cuya riqueza de especies y funciones ecológicas forman siempre un grupo único, que representa la complejidad estructural y funcional de este hábitat con respecto a los demás elementos del paisaje. Su conservación a través del tiempo ha

Tabla 4. Porcentaje del índice de similaridad funcional de los diferentes elementos del paisaje.

	Bosque	Fragmento	Borde	Cañada	Plantación	Matriz
Bosque	X	73%	66%	71%	48%	38%
Fragmento		X	50.4%	57.2%	54%	50%
Borde			X	51%	41%	41%
Cañada				X	61%	35%
Plantación					X	62,5%
Matriz						X

contribuido a la coexistencia de un gran número de especies que han logrado dependiendo de la abundancia de recursos, converger en su utilización sin mucha competencia entre ellas, los gremios mejor representados en los bosques son las cultivadoras de hongo, las depredadoras grandes epigeas, las especialistas crípticas del suelo y las myrmicinas depredadoras crípticas.

Los fragmentos boscosos: a pesar de su baja riqueza de especies poseen seis de los ocho gremios propuesto, con una composición muy particular de las especies ya que muchas de ellas las comparte solo con los bosques extensos, los gremios mejor representados son las myrmicinas depredadoras crípticas y las ponerinas crípticas depredadoras especializadas, presenta poca representatividad de especies forrajeras generalistas y cultivadoras de hongo, aunque pareciera una regla general que las especies generalistas tienden a adaptarse mejor a la fragmentación que las especies mas especialistas existen algunas excepciones a estas generalizaciones los diversos factores que afectan la composición y la dinámica de las especies de los fragmentos hace que el valor biológico de estos sea un asunto complejo.

Los bordes y las cañadas: son ambientes con vegetación nativa, que reciben influencia directa de los factores físicos como el sol, el viento su alta riqueza de especies puede estar relacionada con la mezcla de especies del interior con las especies de la matriz, tiene una alta representatividad de los gremios, relacionada con la conexión con los bosques extensos, parecen proveer un hábitat adicional para las especies nativas.

Matriz de pastizales y plantaciones: estos agroecosistemas con pocas practicas de manejo presentan baja diversidad de especies, aunque tienen representatividad de casi todos los gremios estos generalmente están dominados por unas pocas especies.

Conclusiones

En general el mayor aporte biodiversidad esta dado por los bosques, aunque el número de especies compartidas por los diferentes elementos es alta cada uno de ellos esta conservando unas cuantas especies únicas, que los diferencian de los demás, se observa también que la riqueza de especies esta muy relacionada con la

heterogeneidad vegetal del hábitat así como por su estratificación, estando las hormigas del suelo mas relacionadas con el estrato del sotobosque.

La riqueza y composición de las hormigas se ve afectada por el grado de intervención del hábitat, así como también por la disminución en la complejidad estructural del ecosistema.

La gran cantidad de especies compartidas por los bosques y su matriz más cercana sugiere un efecto de sitio que podría estar determinado por la distancia, tamaño de los fragmentos boscosos y riqueza de los mismos.

Se resalta el papel de las cañadas como elementos que están ayudando a mantener una alta riqueza, que comparte una gran cantidad de especies con los bosques y que pueden llegar a servir como conectores con los fragmentos boscosos aislados para potencializar su riqueza y la viabilidad de las poblaciones.

Los fragmentos de bosque aunque poseen un bajo número de especies, están cumpliendo con papeles ecológicos cuya funcionalidad resalta la importancia de su conservación y la implementación de herramientas que ayuden a mejorar la calidad de estos habitats remanentes.

Se propone un enfoque en los estudios de fragmentación que no solo tengan en cuenta la pérdida de biodiversidad si no que además se estudie la diversidad funcional.

Se propone el estudio de los gremios como un complemento para tener una apreciación ambiental utilizando no solamente una única especie de hormiga, tampoco una fauna entera como indicador, pero si un grupo de especies que puedan llegar a representar la complejidad funcional de los ecosistemas.

Estas diferencias en cuanto a la composición de especies y la composición de gremios nos pueden estar indicando que la evaluación de los ecosistemas a nivel taxonómico nos da un acercamiento preliminar para el entendimiento de la composición y estructura de las comunidades pero no da claridad acerca de los mecanismos biológicos que influyen positiva o negativamente la presencia o ausencia de las especies. Los resultados en este trabajo permite compara los diferentes elementos del paisaje estudiados desde los dos puntos de vista encontrando

que si bien la riqueza y composición de las especies le da cierto valor de conservación a un sitio, poder conocer el papel funcional que están cumpliendo estas especies dentro del ecosistema nos permite conocer la funcionalidad y complejidad de los mismos.

Con base en la descripción de la composición de los gremios tenemos en las manos una herramienta que nos permite realizar comparaciones funcionales entre composiciones de especies en diferentes ambientes, no solamente teniendo en consideración una lista de especies por localidad pura, sino también confrontando los modelos estructurales de los gremios; que nos muestran las diferencias en la ecología de las comunidades observadas.

Literatura citada

- ANDERSEN, A. N. 1991a. Parallels between ants and plants: implications for community ecology. Oxford University Press. Capitulo. 539-558 pp. En C. R. Huxley and D. F. Culter (eds.), Ant-plant Interactions. Oxford University Press.
- ANDERSEN, A. N. 1991b. Seed-Harvesting by ants in Australia. Oxford University Press. capitulo . 493-503. En C. R. Huxley and D. F. Culter (eds.), Ant- plant Interactions. Oxford University Press, Oxford.
- ANDERSEN, A. N. 1992. The rainforest ant fauna of the northeren Kimberley región of western Australia (Hymenoptera: Formicidae). journal of the Australian entomological society (31) 187-192 pp.
- BESTELMEYER, B. T.; D. AGOSTI, L. E. ALONSO, C. R. F. BRANDAO, W. L. BRONW, J. H. C. DELABIE, & R. SILVESTRE. 2000. Field Techniques For The Study Of Ground-Dwelling Ant An Overview, Description, And Evaluation. Cap. 9. 122-144 pp. Ants Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smitsonian Institution Press. Washington and London. 280 pp.
- BRANDAO C.R.F., J.L.M. DINIZ, D. AGOSTI, J.H. DELABIE. 1999. Revision of the Neotropical ant subfamily Leptanilloidinae Systematic Entomology 24:17-36.
- BROWN, K. Jr. 1989. The Conservation of neotropical environments. Insects as indicators. The conservation of insects and their habitats. Edited by N:M: Collins & J. A. Thomas. 15th Simposium of Royal Entomological Society of London. Academic Press. Hartcourt Brace Jovanovich Pbs. 354-404 pp
- BROWN, K. 1991. Conservation of Neotropical Environments: Insects as Indicators. En Collins N. & J. Thomas (eds.). Conservation of insects and their Environments. Academic Press. Londres.
- BROWN W. L. jr. 2000. A Diversity of Ants. Capitulo 5. 45-79 pp. En AGOSTI D., J. D. MAJER, L. E., ALONSO AND T. R. SCHULTZ. 2000. Ants Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smitsonian Institution Press Washington and London.
- BUSTOS J. & P. CHACON DE ULLOA. 1996. Myrmecofauna y perturbación en un Bosque de Niebla Neotropical (Valle del Cauca). En prensa
- CAVELIER, J. & ETTER, A. 1995. Deforestation of montane forest in colombia as a result of illegal plantations of Opium (papaver somniferum). In:Churchill, S., H. Baslev, E. Forero & J. Luteyn (eds.). Biodiversity and coservation of neotropical montane forest. Proceedings of the Neotropical Montane forest Biodiversity and conservation symposium, The New York Botanical Garde, 21-26 june 1993. 702 pp.
- HAMILTON, L.S., J. O. JUVIK & F. N. SCATENA. 1995. The Puerto Rico Tropical Could Forest Symposium: Introduction and workshop Synthesis. In: Tropical Montane Could Forest. Hamilton, L. S., J. O. Juvik & F. N. Scatena (eds.). Springer-Verlag New York, Inc. Pg. 1-37.

- HOLDOBLER, B., & E. O. WILSON. 1990. *The ants*. Harvard University Press Cambridge, Libro.732 pp.
- JAFFÉ, K., J. LATTKE, y E. PEREZ. 1993. *el mundo de las hormigas*. Equinoccio editores, Universidad Simón Bolívar, Caracas Venezuela. 196 pp.
- KATTAN, G. & M. ALVAREZ-LOPEZ. 1996. Preservation and management of biodiversity in fragmented landscape in the Colombian Andes. In : Schelhas, J. & R. Greenberg (eds.). *Forest Patches in tropical Landscapes*. Island press. Washington, D.C. U.S.A. 1-18 pp.
- KREMEN, C., R. COLLWEEL, T. D. MURPHY, R. NOSS & M. SANJAYAN. 1993. *terrestrial Arthropod Assemblages: their Use in Conservation Planning*. *Conservation Biology* 7 (4): 796-808.
- MACKEY W. P. 1996. A revision of the ant genus *Acanthostichus* (Hymenoptera: Formicidae) *Sociobiology* 27:129-179.
- MAJER, J. D. 1983. *Ants: bio-indicators of mine-site rehabilitation, land use, and land conservation*. *Environ. Manage.* 7: 375-383.
- MAJER, J. & P. CAMER-PESCI. 1991. Ant species in Tropical Australian tree crops and native ecosystems- is there a mosaic?. *Biotropica* 23 (2): 173-181.
- OLSON, D. 1991. A comparison of the efficacy of litter sifting and pitfall traps for sampling leaf litter ants (Hymenoptera Formicidae) in a tropical wet forest, *Biotropica* (23) 166-172 pp.
- PEARSON, D. 1994. *Selecting Indicator Taxa for the quantitative Assessment of Biodiversity*. *Phil. Trans R. Soc. Lond. B.* 345: 75-79
- ROOM, P. M. 1975. *Diversity and Organization of the Ground Foraging Ant Faunas of forest Glassland and tree Crops in Padua New Guinea*. *Australian Journal of zoology* 23(1): 71-89.
- ROTH, D. S., I. PERFECTO, and B. RATHCKE. 1994. *The effects of management systems on ground foraging ant diversity in Costa Rica*. *Ecol. Appl.* 4: 423- 436.
- SANWAYS, M. J. 1994. *The fragmented Landscape*. In *Insect conservation biology*. Chapman & may. London. 294 pp.
- SILVESTRE, R., C.R.F. BRANDAO, R. ROSA DA SILVA. 2003. *Gremios de Hormigas en el Neotrópico: el Caso del Cerrado, Brasil en prensa*

Historia, importancia, y estrategias para el control del Curculionido *Diaprepes abbreviatus*, una plaga invasora del Caribe

Stephen Lapointe

Research Entomologist, USDA-ARS, U.S. , Horticultural Research Lab,
2001 South Rock Road, Ft. Pierce, FL 34945

El gorgojo *Diaprepes abbreviatus* (L.) fue descrito por Carl Linnaeus como *Curculio abbreviatus* en la décima edición de su *Systema Naturae* en 1758 basado en especímenes recogidos en el Caribe. Hoy, *D. abbreviatus* se encuentra en Puerto Rico e Hispaniola y en las Antillas Menores desde Grenada y Barbados en el sur hasta las Islas Virgenes en el norte. Curiosamente, la especie no ha sido encontrado en Trinidad y Tobago ni en Jamaica (gorgojos relacionados de los géneros *Exophthalmus* y *Pachnaeus* son plagas importantes de los cítricos en Jamaica). Varias especies de *Diaprepes* se describieron basado en la coloración que han estado desde entonces sinonimizadas con *D. abbreviatus*. Una especie cuestionable, *D. rohrii*, se reporta solamente de St. Croix, Islas Virgenes, mientras que *D. abbreviatus* está al parecer ausente de esa isla. *D. rohrii* puede simplemente ser otra forma de *D. abbreviatus*. Antes de 1933, fue reconocido que las varias formas de *Diaprepes* encontradas a través de Hispaniola, Puerto Rico, y las Antillas Menores eran más probable una sola especie, fundamentalmente similar tanto en su estructura como comportamiento (Wolcott 1933á). Puerto Rico es claramente el centro de diversidad del *D. abbreviatus*, y parece ser el centro más probable de origen de la especie debido al alto grado de diversidad fenotípica en esa isla.

El Reverendo N. B. Watson describió el ciclo biológico básico de *D. abbreviatus* en 1899 y 1900 en Barbados (Watson 1903). Él lo describió como blanqueado con rayas y recordó como el jugaba con

el gorgojo en su juventud. Por eso, podemos ubicar *D. abbreviatus* en Barbados como insecto común por lo menos desde la segunda mitad del siglo diecinueve. Él reportó que era considerado una plaga de menor importancia hasta años recientes pero desde 1901, había aumentado a pesar de que la caña de azúcar se había cultivado en el Caribe y Puerto Rico por cerca de 500 años. Watson atribuyó el aumento de *Diaprepes* a la introducción del mongoose (Mammalia: Viverridae) para controlar ratas. Aunque el mongoose no pudo controlar a sus víctimas previstas, era al parecer más eficaz como predador de los reptiles y pájaros que predaron a los insectos. *D. abbreviatus* había sido un insecto común en Barbados por muchos años antes de 1912 pero fue registrado como plaga de la caña de azúcar solamente en 1912 (Ballou 1912). Antes de 1921, *D. abbreviatus* era considerado una plaga seria de la caña de azúcar en Barbados y la colección masiva de adultos fue recomendada como método de control (Bourne 1921). En 1900, *Diaprepes* fue reportado en números grandes atacando a guayaba y plantas jóvenes del café (Watson 1903 citando el boletín No. 30, New Series of the U.S. Department of Agriculture, Division of Entomology). En 1915, fue reportado ser distribuido ampliamente sobre la isla de Puerto Rico (Jones 1915), causando daño en particular a la caña de azúcar en la costa del sur. Él observó que la planta *jobo* (*Spondias lutea*, una especie de Mombin en la familia Anacardiaceae) fue preferida por los adultos. También fue observado en este tiempo que el gorgojo fue encontrado a través de toda la isla de Puerto Rico, y que los fenotipos distintos ocurrieron

dentro de regiones geográficas definidas en la isla. Las poblaciones fueron distinguidas por sus colores variados y patrones de rayas en los elitres (cubiertas de las alas). En Puerto Rico, las poblaciones en la zona baja del occidente de *D. abbreviatus* tienen los elitres blanquecinos. Son parduscas en tierras bajas del sureste incluyendo las islas de Culebra y Vieques. En las montañas centrales occidentales, hay un gorgojo más grande a menudo con elitres amarillos y una raya adicional por elite; en las montañas del este, una variedad más pequeña, variedad gris o verdosa prevalece (Hantula et al. 1987). En Barbados, Ballou (1912) describió el gorgojo como palido-verde con rayas oscuras de bronce.

La variabilidad de fenotipos fue observada temprano. Los adultos de *Diaprepes* son en gran parte negros pero cubiertos con escamas coloreadas que se extienden de blanco ceniciento a la naranja embotada al amarillo brillante. En los elitres, la longitud y el número de los cantos levantados desprovistos de escamas varían entre las poblaciones. En St. Lucia y Puerto Rico, hay variación subespecífica en el color y los cantos elitrales ligados por formas intermedias. La base genética para esta variación no ha sido determinado sino puede proporcionarse pistas al origen de la infestación en el estado de Florida, EE.UU. Antes de 1917, Hutson (1917) describió la importancia del aumento de *Diaprepes* como plaga de la caña de azúcar, maíz, limas, algodón, patatas dulces, cebollas, y mani en el Caribe. También sugirió la colección de adultos y de las masas de huevo como el método del mejor control. En St. Kitts, recogieron a 40.000 adultos en un rato corto en un campo del algodón durante abril de 1914. En Antigua, durante la parte anterior de 1916, unos 70.000 adultos fueron recogidos y destruidos en árboles de lima sobre una sola finca.

De estos informes y de otros, no hay indicación de la introducción posible de *Diaprepes* ni de rastros de la extensión posible de isla a isla. La explicación más lógica del origen de *Diaprepes* es que se desarrolló en el Caribe en las islas donde está la más numerosa hoy. La mayor diversidad del color y de los patrones elitrales encontrado en Puerto Rico es un argumento a favor de Puerto Rico como el centro del origen aunque el intercambio genético repetido entre las poblaciones de la isla en la historia reciente no puede ser excluido. Cualquier búsqueda para los agentes del control

biológico clásico debe, por lo tanto, centrarse en el archipiélago del Caribe.

Daño

Pocos esfuerzos se han hecho para cuantificar el daño causado por *Diaprepes*. Myers (1931) escribió que el *D. abbreviatus* había aumentado hasta el punto de sobrepasar a *Diatraea* como la plaga más seria de la caña de azúcar en Barbados. Al parecer, el gorgojo, un insecto indígena, no infestó la caña de azúcar por siglos a pesar de su cultivación extensa en la isla. Sus ataques contra la caña de azúcar y las patatas dulces, según Watson (1903) no fueron observados antes de 1901. Antes de 1904 había llegado a ser bastante abundante, pero no como plaga seria hasta 1909 (Ballou, 1912) y desde esa fecha aumentó de virulencia cada año. Myers (1931) citó una pérdida estimada de 3,5 toneladas de caña por acre en Barbados en 1922.

Tucker (1929) estimaba la pérdida debido a la depredación larval en la caña de azúcar en Barbados era equivalente a 5 a 6 toneladas de caña por acre. Tucker (1936) observó que no hay parásitos de cualquier etapa del *D. abbreviatus* presentes en Barbados antes de 1931. Él lanzó 22.000 individuales de *Tetrastichus haitiensis* (un parasitoide del huevo) importado de Puerto Rico en 1931 y 11.000 en 1932. No se recuperaron parasitoides del campo en Barbados y Tucker observó que no se recuperó ningún parasitoide de campos de caña en Puerto Rico. Él concluyó que el *T. haitiensis* no puede atacar los huevos de *Diaprepes* puestos entre las hojas de la caña de azúcar. Antes de 1939, Tucker promovía un sistema de pagos en efectivo para la colección y destrucción de los adultos del gorgojo.

George Wolcott, trabajando en la universidad de Puerto Rico en Río Piedras, observó que los árboles jóvenes en viveros o recién sembrados eran dañados más que los árboles maduros (Wolcott 1936). Él registró oviposición, describió el ciclo de vida, y observó el alto grado de variabilidad en el tiempo de desarrollo. Wolcott sugirió que la variabilidad en el desarrollo fuera una estrategia por parte del gorgojo para evitar los parasitoides que eran estacionalmente abundantes en Puerto Rico. Él observó que la parasitación de huevos estaba alta en la primavera pero ausente el resto del año. Los huevos, sin embargo, fueron encontrados

a través del año (Wolcott 1934). Wolcott (1933b) conjeturaba que las mudas larvales y la pupación son sincronizados por contacto repentino con agua (lluvias). Mientras que esto puede ser verdad, no se ha aclarado suficientemente. Wolcott también describió la preferencia de las hembras del adulto para ovipositar entre tiras del papel (Wolcott 1933c).

En 1987, el *D. abbreviatus* era descrito como la plaga más seria de la agricultura, de la horticultura, y del silviculture en Puerto Rico (Hantula et al. 1987).

La historia de esfuerzos de controlar *D. abbreviatus*

Ballou (1912) observó que la cultivación continua de caña de azúcar aumentó el daño de *Diaprepes*. En 1911, emplearon a los alumnos de primaria en Barbados para recoger y destruir a adultos.

Aproximadamente 30.000 fueron capturados y destruidos en una finca durante un mes. Los esfuerzos similares en St. Kitts y Antigua fueron mencionados ya. Adultos del gorgojo fueron reportados del gandul (pigeon pea), maíz, haba, y de la batata dulce (considerado una planta hospedera especialmente buena). Bourne (1921) también describió esfuerzos de recoger a adultos en forma masiva y ésta aparece haber sido eficaz cuando fue aplicada sistemáticamente a través de regiones extensivas. Las campañas cooperativas de una década para reducir las poblaciones de *Diaprepes* en Barbados eran juzgado exitosas debido al hecho de que la isla es pequeña, altamente poblado, y tenía una cantidad mínima de tierra no cultivada (Tucker 1953). La colección manual de adultos nuevamente emergentes, especialmente en campos de caña, fue facilitada por sembrar plantas hospederas atractivas tales como gandul (*Cajanus cajan*) u otros arbustos o árboles de crecimiento rápido en los bordes de los campos (Wolcott 1933a, 1933d). El sapo, *Bufo marinus*, fue importado a Puerto Rico desde Barbados en 1920 y desde Jamaica en 1924 para controlar larvas de *Phyllophaga* spp. y *Diaprepes*. Fue recomendado sembrar *C. cajan* o bananos a lo largo de las zanjas y de los bancos para atraer los adultos que entonces caerán presa a los sapos (Dexter 1932).

Nowell (1912) recomendó el tirar de tocones de la caña después de la cosecha para exponer las larvas y sugirió mantener a mano unas pocas gallinas durante la

operación. Él observó que las larvas completamente desarrolladas se dispersan de las plantas de caña en búsqueda de suelo húmedo donde empupar, moviendo a veces una distancia considerable en el suelo. Números mayores de adultos emergieron después de las primeras lluvias pesadas de mayo/junio.

La interacción entre alimentación larval y patógenos radiculares fue observada por Nowell (1913). Él observó que la rotación de caña con algodón redujo en gran parte el daño aunque las larvas sobrevivieron en el suelo con la rotación. Él sugirió que la reducción de inóculo del fitopatógeno *Marasmius sacchari* redujera el daño debido al complejo de gorgojo y patógeno.

R. G. Fennah fue empleado para investigar la muerte misteriosa de los árboles de lima en Montserrat y de los cítricos en general en St. Lucia. Él describió varios aspectos de la biología de *Diaprepes* incluyendo su preferencia alimentarse de hojas jóvenes y ovipositar sobre hojas maduras. Él demostró que la oviposición fue disuadido cuando los tarsis de las hembras fueron cubiertos con varias sustancias que destruyeron el mecanismo de la succión. Él también sugirió que la edad de la hoja fuera detectada por medio de quimiorreceptores antennales. Fennah describió tres métodos de control entonces consideraba práctico para el uso en las Antillas Menores: el uso del arseniato de plomo cerca a las raíces, el método 'bare-root' (raíz desnuda), y la siembra de cobertura repelente entre los árboles. El método 'bare-root' consiste en quitar el suelo alrededor de la base de la caña, de tal modo exponiendo la parte más susceptible de la planta al aire y evitando la alimentación por las larvas sobre la corona de la planta. De esta manera, el daño a la parte más susceptible del árbol se evita. Otro método era cultivación de una cobertura repelente. Fennah sugirió que la leguminosa *Tephrosia candida* fuera repelente a adultos de *Diaprepes* (Fennah 1940a, 1940b, 1942). Sin embargo, ninguna referencia de la investigación subsecuente en esta posibilidad no se podía encontrar en la literatura hasta 2003. Lapointe et al. (2003) confirmaron el efecto repelente de *T. candida* sobre adultos de *D. abbreviatus* y que las raíces de esta planta son tóxicas para las larvas.

Se encuentran relativamente pocas referencias sobre el control químico de *Diaprepes* durante los años 1950

y 1960. El para-dichlorobenzene y los insecticidas hidrocarburos de cloro fueron utilizados en Jamaica como barreras a las larvas neonatas (no *Diaprepes*) con un cierto éxito (Dixon 1954). El DDT, chlordano, el fluosilicato de bario, arseniato de plomo, aldrin, y dieldrin, fueran propuesto como adulticidas (Fennah 1942, Wolcott 1948, Wolcott 193á). Sospecho que el aldrin y la dieldrin fueron utilizados extensamente para el control del adulto *Diaprepes* por aspersiones foliares y de larvas como insecticidas del suelo durante el período en que esos compuestos fueron disponibles (Wolcott 1954). En Puerto Rico, *D. abbreviatus* que atacaba la palma datilera fue controlado por aplicaciones foliares del aldrin (Jackson 1963). La disminución de la era de insecticidas persistentes coincidió con la introducción de *Diaprepes* a los Estados Unidos. Bullock (1971) probó 24 adulticidas e identificó 10 como capaces de controlar al adulto de *Diaprepes*. Sin embargo, debido a la eficacia residual corta de aspersiones foliares y del periodo prolongado de la aparición del adulto en el campo, no hay evidencia disponible para indicar el valor de adulticidas.

Desde la introducción de *Diaprepes* en la Florida, una apreciación creciente de la severidad del daño causado por *Diaprepes* y la dificultad de controlar un insecto subterráneo de vida larga en un cultivo de árbol tal como los cítricos, ha estimulado la investigación sobre la biología, fisiología, relaciones insecto-planta, y métodos para el control. Los resultados de estos esfuerzos y los areas sobresalientes de investigación serán detallados.

Literatura Citada

- Ballou, H. A. 1912. Insect pests of the Lesser Antilles. Imperial Dept. Agric., Barbados, West Indies. Pamphlet ser. 71: 66-69.
- Bourne, B. A. 1921. Insect attacks reported or observed. Annu. Rep. Dep. Agric., Barbados 1919-1920, pp. 12-13.
- Bullock, R. C. 1971. Effectiveness of foliar sprays for control of *Diaprepes abbreviatus* (L.) on Florida citrus. Trop. Agric. 48: 127-131.
- Dexter, R. R. 1932. The food habits of the imported toad *Bufo marinus* in the sugarcane sections of Puerto Rico. Proc. Internat. Soc. Sugar Cane Technologists 1935. 4th Entomol. Congress P.R., pp. 1-6.
- Dixon, W. B. 1954. Fiddler Beetles. Natural history notes of the Natural History Society of Jamaica No. 69: 166-167.
- Fennah, R. G. 1940a. Rep. Dept. Agric., St. Lucia 1939, pp. 25-28.
- Fennah, R. G. 1940b. Observations on behaviour of citrus root-stocks in St. Lucia, Dominica and Montserrat. Trop. Agric. 17: 72-76.
- Fennah, R. G. 1942. The citrus pests investigation in the Windward and Leeward Islands. B.W.I. Imp. Coll. Trop. Agric. Trinidad, 1937-1942.
- Hantula, J., A. Saura, J. Lokki, and N. Virkki. 1987. Genic and color polyorphism in Puerto Rican phyllobiine weevils *Diaprepes abbreviatus* (L.) and *Compsus maricaco* Wolcott. J. Agric., Univ. P. R. 71: 391 - 397.
- Hutson, J. C. 1917. Insect notes. Some weevils of the genus *Diaprepes* in the West Indies. The Agricultural News 16: 186-187.
- Jackson, G. C. 1963. *Diaprepes abbreviata* Linnaeus on *Phoenix dactylifera* L. J. Agric., Univ. Puerto Rico 47: 290.
- Jones, J. H. 1915. The sugar-cane weevil root borer (*Diaprepes spengleri* L.). Insular Exp. Sta. (Rio Piédras, Puerto Rico) Bull. 14: 1-19.
- Lapointe, S. L., C. L. McKenzie and W. B. Hunter. 2003. Toxicity and repellency of *Tephrosia candida* to larval and adult *Diaprepes* root weevil (Coleoptera: Curculionidae). J. Econ. Entomol. 96: 811-816.
- Myers, J. G. 1931. A preliminary report on an investigation in the biological control of West Indian insect pests. Empire Marketing Board 42: 1-173.

- Nowell, W. 1912. Field investigations of beetle grubs attacking roots of sugarcane. Rep. Local Dept. Agric., Barbados 1911-12, pp. 50-51.
- Nowell, W. 1913. Report of the assistant superintendent of agriculture on the entomological and mycological work carried out during the season under review. Rept. Local Dept. Agric., Barbados 1911-1913, pp. 34-45.
- Tucker, R. W. E. 1929. Sugar-cane borers. Tropical Agric. 6: 224-226.
- Tucker, R. W. E. 1936. Parasites introduced into Barbados for control of insect pests. Dept. Sci. & Agric., Barbados Agric. J. 5: 1-22.
- Tucker, R. W. E. 1953. Biological control of insect pests in Barbados. Proc. Int. Soc. Sugarcane Tech. 8: 573-581.
- Watson, N.B. 1903. The root-borer of sugar-cane. West Indian Bull. 4: 37-47.
- Wolcott, G. N. 1933a. An economic entomology of the West Indies. Entomol. Soc. P. R., San Juan. 1-688.
- Wolcott, G. N. 1933b. The larval period of *Diaprepes abbreviatus* L. J. Agric., Univ. Puerto Rico 17: 257-264.
- Wolcott, G. N. 1933c. Otiiorhynchids oviposit between paper. J. Econ. Entomol. 26: 1172.
- Wolcott, G. N. 1933d. The changed status of some insect pests in Puerto Rico. J. Dept. Agric. Puerto Rico 17: 265-270.
- Wolcott, G. N. 1934. The diapause portion of the larval period of *Diaprepes abbreviatus* L. J. Agric., Univ. Puerto Rico 18: 417-428.
- Wolcott, G. N. 1936. The life history of *Diaprepes abbreviatus* L., at Rio Piedras, Puerto Rico. J. Agric., Univ. Puerto Rico 20: 883-914.
- Wolcott, G. N. 1948. The insects of Puerto Rico: Coleoptera. J. Agric., Univ. P.R. 32: 225-416.
- Wolcott, G. N. 1954. Residual effectiveness of insecticides against soil-inhabiting insects. J. Agric., Univ. P. R. 38: 108 - 114.

Control biológico proactivo de la cochinilla rosada *Maconellicoccus hirsutus* (Pseudococcidae): Qué podemos aprender de la experiencia en el Caribe?

Miguel Santiago Serrano

Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia
Bogotá

El control del adulto *Diaprepes* por aspersiones y de larvas como insecticidas del surtido al período en que estas compuestas fueron disponibles (Wolcott 1954). En Puerto Rico, *D. abbreviatus* que atacaba la palma datillera fue controlado por aplicaciones foliares del aldrin. La disminución de la era de insecticidas persistentes coincidió con la introducción de *Diaprepes* a los Estados Unidos. Bullock (1971) probó 24 adicticidas e identificó 10 como capaces de controlar al adulto de *Diaprepes*. Sin embargo, debido a la eficacia residual corta de aspersiones foliares y del período prolongado de la aparición del adulto en el campo, no hay evidencia disponible para indicar el valor de adultos vivos.

Desde la introducción de *Diaprepes* en la Florida, una apreciación creciente de la severidad del daño causado por *Diaprepes* y la dificultad de controlar un insecto subterráneo de vida larga en un cultivo de árbol tal como los cítricos, ha estimulado la investigación sobre la biología, fisiología, relaciones insecto-planta, y métodos para el control. Los resultados de estos esfuerzos y los áreas sobresalientes de investigación serán detallados.

Literatura Citada

Ballou, H. A. 1912. Insect pests of the Lesser Antilles. Imperial Dept. Agric., Barbados, West Indies. Pamphlet ser. 71, 66-69.

Bourne, B. A. 1921. Insect attacks reported or observed. Annu. Rep. Dep. Agric., Barbados 1920-1921, pp. 12-13.

Bullock, R. C. 1971. Effectiveness of foliar sprays for control of *Diaprepes abbreviatus* (L.) on *Citrus aurantium*. Trop. Agric. 48: 127-131.

Wolcott, W. L. 1954. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) and its control. Ann. Entomol. Soc. Am. 47: 257-264.

Hutton, J. C. 1963. *Diaprepes abbreviatus* Linn. (Homoptera: Pemphigidae). Q. J. Entomol. Nat. Hist. 16: 1-11.

Hutton, J. C. 1964. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 57: 1-11.

Hutton, J. C. 1965. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 58: 1-11.

Hutton, J. C. 1966. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 59: 1-11.

Hutton, J. C. 1967. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 60: 1-11.

Hutton, J. C. 1968. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 61: 1-11.

Hutton, J. C. 1969. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 62: 1-11.

Hutton, J. C. 1970. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 63: 1-11.

Hutton, J. C. 1971. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 64: 1-11.

Hutton, J. C. 1972. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 65: 1-11.

Hutton, J. C. 1973. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 66: 1-11.

Hutton, J. C. 1974. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 67: 1-11.

Hutton, J. C. 1975. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 68: 1-11.

Hutton, J. C. 1976. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 69: 1-11.

Hutton, J. C. 1977. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 70: 1-11.

Hutton, J. C. 1978. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 71: 1-11.

Hutton, J. C. 1979. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 72: 1-11.

Hutton, J. C. 1980. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 73: 1-11.

Hutton, J. C. 1981. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 74: 1-11.

Hutton, J. C. 1982. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 75: 1-11.

Hutton, J. C. 1983. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 76: 1-11.

Hutton, J. C. 1984. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 77: 1-11.

Hutton, J. C. 1985. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 78: 1-11.

Hutton, J. C. 1986. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 79: 1-11.

Hutton, J. C. 1987. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 80: 1-11.

Hutton, J. C. 1988. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 81: 1-11.

Hutton, J. C. 1989. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 82: 1-11.

Hutton, J. C. 1990. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 83: 1-11.

Hutton, J. C. 1991. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 84: 1-11.

Hutton, J. C. 1992. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 85: 1-11.

Hutton, J. C. 1993. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 86: 1-11.

Hutton, J. C. 1994. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 87: 1-11.

Hutton, J. C. 1995. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 88: 1-11.

Hutton, J. C. 1996. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 89: 1-11.

Hutton, J. C. 1997. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 90: 1-11.

Hutton, J. C. 1998. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 91: 1-11.

Hutton, J. C. 1999. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 92: 1-11.

Hutton, J. C. 2000. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 93: 1-11.

Hutton, J. C. 2001. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 94: 1-11.

Hutton, J. C. 2002. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 95: 1-11.

Hutton, J. C. 2003. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 96: 1-11.

Hutton, J. C. 2004. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 97: 1-11.

Hutton, J. C. 2005. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 98: 1-11.

Hutton, J. C. 2006. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 99: 1-11.

Hutton, J. C. 2007. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 100: 1-11.

Hutton, J. C. 2008. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 101: 1-11.

Hutton, J. C. 2009. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 102: 1-11.

Hutton, J. C. 2010. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 103: 1-11.

Hutton, J. C. 2011. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 104: 1-11.

Hutton, J. C. 2012. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 105: 1-11.

Hutton, J. C. 2013. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 106: 1-11.

Hutton, J. C. 2014. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 107: 1-11.

Hutton, J. C. 2015. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 108: 1-11.

Hutton, J. C. 2016. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 109: 1-11.

Hutton, J. C. 2017. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 110: 1-11.

Hutton, J. C. 2018. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 111: 1-11.

Hutton, J. C. 2019. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 112: 1-11.

Hutton, J. C. 2020. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 113: 1-11.

Hutton, J. C. 2021. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 114: 1-11.

Hutton, J. C. 2022. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 115: 1-11.

Hutton, J. C. 2023. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 116: 1-11.

Hutton, J. C. 2024. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 117: 1-11.

Hutton, J. C. 2025. The biology of *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Homoptera: Pemphigidae) on citrus. Ann. Entomol. Soc. Am. 118: 1-11.

Lista de nombres científicos

	Pág.
<i>Acanthoponera</i>	104
<i>Acca sellowiana</i>	89, 151
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	65
<i>Acromyrmex</i>	45, 106
<i>Acromyrmex aspersus</i>	106
<i>Acromyrmex coronatus</i>	106
<i>Acromyrmex hystrix</i>	106
<i>Acromyrmex landolti</i>	106
<i>Acromyrmex octospinosus</i>	106
<i>Acromyrmex rugosus</i>	106
<i>Aculops lycopersici</i>	109
<i>Aechinomene</i>	57
<i>Aedes aegypti</i>	63
<i>Aeneolamia reducta</i> (Lallemand)	14
<i>Aeneolamia varia</i>	14
<i>Aeolothrips</i>	105
<i>Aganaspis pelleranoi</i>	50
<i>Akermes</i>	108
<i>Aleurotrachelus socialis</i>	188
<i>Alnus acuminata</i>	47
<i>Amaranthus dubius</i>	57
<i>Amblyopone</i>	52, 104
<i>Anopheles albimanus</i>	63
<i>Anacardium occidentale</i>	58
<i>Anacroneuria</i>	64
<i>Ananteris</i>	102
<i>Anaphothrips</i>	105
<i>Anastrepha fraterculus</i>	50, 151
<i>Anastrepha</i> sp.	166
<i>Ancognatha</i>	48, 73
<i>Ancognatha scarabeoides</i>	73
<i>Annona squamosa</i>	57
<i>Anochetus</i>	45, 104
<i>Anochetus inca</i>	104
<i>Anomalini</i>	48
<i>Anopheles albimanus</i>	63, 115, 122
<i>Anystis</i>	28
<i>Aphidius ervi</i>	41
<i>Apidae</i>	49
<i>Apinocis subnudus</i>	156
<i>Apis mellifera</i>	4, 47, 49, 63
<i>Apterothrips</i>	105
<i>Archytas</i>	21
<i>Argiope argentata</i>	21
<i>Arorathrips</i>	105
<i>Aschersonia</i>	73
<i>Aspidolea</i>	48
<i>Astaena</i>	48
<i>Atta</i>	45

<i>Atta cephalotes</i>	106, 108, 176
<i>Atta colombica</i>	106
<i>Atta laevigata</i>	82, 106
<i>Atta sexdens</i>	106
<i>Atta ustulata</i>	73
<i>Aurantotrrips</i>	105
<i>Baccharis latifolia</i> Pers.	15, 21
<i>Bacillus</i>	21, 65
<i>Bacillus thuringiensis</i>	129, 138, 147
<i>Balaustium</i>	28
<i>Beauveria bassiana</i>	28,73,128,132, 133,134, 142
<i>Bemisia tabaci</i>	60,153,162
<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius),	187
<i>Bombix mori</i>	29
<i>Bombus</i>	107, 109
<i>Bombus atratus</i>	4,17,66
<i>Bombus hortulanus</i>	6
<i>Bombus rubicundus</i>	5
<i>Brachiaria</i> spp.	180
<i>Brachymyrmex</i>	52, 86
<i>Brevicoryne brassicae</i>	53,54
<i>Bubulcus ibis</i>	21
<i>Calliphora</i>	59, 60
<i>Calliphoridae</i>	59
<i>Camponotus</i>	45, 52
<i>Camponotus bugnioni</i>	86
<i>Canthidium</i>	102
<i>Canthon</i>	102
<i>Centruroides</i>	102
<i>Centruroides gracilis</i>	64
<i>Centruroides margaritatus</i>	123
<i>Cephalotes</i>	52
<i>Ceraspis</i>	48
<i>Ceratotrrips</i>	105
<i>Chaetanaphothrips</i> spp.	90
<i>Charassothrips</i>	105
<i>Chavesia</i>	86
<i>Chirotrrips</i>	105
<i>Chloroprocta</i>	59
<i>Cholus</i> sp.	150
<i>Cicloneda sanguinea</i>	21
<i>Clavipalpu</i>	48
<i>Clavipalpus</i>	73
<i>Cleome</i>	57
<i>Colaspis</i> spp	154,157
<i>Coleomegilla</i>	57
<i>coleópteros</i>	41
<i>Colletidae</i>	49
<i>Colosoma</i>	21
<i>Compsus</i> n. sp.	33
<i>Compsus</i> sp.	138
<i>Coprophanaeus</i> Olsoufieff	102
<i>Coreidae</i>	193
<i>Corthylus</i> n. sp.	171
<i>Cosmopolites sordidus</i>	58
<i>Cosmopolites sordidus</i>	126

Miguel Santiago Serrano

Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia

Togotá

<i>Crematogaster</i>	45
<i>Crematogaster</i>	86
<i>Crotalaria juncea</i>	57
<i>Cryptostigma</i>	108
<i>Culex quinquefasciatus</i>	115
<i>Cyclocephala</i>	48
<i>Cyclocephalini</i>	48
<i>Cydninae</i>	38
<i>Cynodon dactylon</i>	57
<i>Cyparissius daedalus</i>	130, 145
<i>Cyperus odoratus</i>	86
<i>Cyphomyrmex</i>	52
<i>Czenspinksia traversostriata</i>	109
<i>Delphastus pusillus</i>	44, 45
<i>Deltochilum</i>	102
<i>Diabroctis</i>	102
<i>Diadegma insularis</i>	37
<i>Dianthus caryophyllus</i> Linn.	88
<i>Diatraea saccharalis</i>	183
<i>Dichotomius</i>	102
<i>Discothyrea</i>	104
<i>Dolichoderinae</i>	41
<i>Dolichoderus</i>	45
<i>Drosophila pseudoobscura</i>	23
<i>Drosophila starmeri</i>	16
<i>Dynastes hercules</i>	3
<i>Dyscinetus</i>	48
<i>Echinochloa colonum</i>	86
<i>Echinothrips</i>	105
<i>Eciton</i>	45
<i>Ecitoninae</i>	41
<i>Ectatomma</i>	45
<i>Ectatomma tuberculatum</i>	41
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	89
<i>Encarsia formosa</i>	41
<i>Eriopsis connexa</i>	25
<i>Eriopsis connexa connexa</i>	13
<i>Eryothrips</i>	105
<i>Escherichia coli</i>	65
<i>Espeletia grandiflora</i>	109
<i>Estafilinidos</i>	205
<i>Eulepte gastralis</i>	7
<i>Euplectrus</i>	21
<i>Euptychia hermes</i>	46
<i>Eurysternus</i> Dalman	102
<i>Frankliniella parvula</i>	90
<i>Ferrisia virgata</i>	86
<i>Forficula auricularia</i>	25
<i>Formicinae</i>	45
<i>Frankliniella caudiseta</i>	105
<i>Frankliniella insularis</i>	90
<i>Frankliniella occidentalis</i>	28, 31, 41, 86
<i>Frankliniella panamensis</i>	105
<i>Frankliniella parvula</i>	90
<i>Frankliniella parvula</i> Hood.	170
<i>Fraxinus chinensis</i>	47

<i>Galleria mellonella</i>	12, 73, 77
<i>Gigantodax</i>	37
<i>Gigantodax Basinflatus</i>	197
<i>Gnamptogenys</i>	47, 52
<i>Gossypium hirstum</i> Linn.	88
<i>Halictidae</i>	49
<i>Heliothrips</i>	105
<i>Hemipteros</i>	41
<i>Heterogomphus dilaticollis</i>	73
<i>Heteroponera</i>	52
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	126, 131
<i>Heterorhabditis</i> sp.	141
<i>Heterothrips</i>	105
<i>Heterothrips analis</i>	105
<i>Hexmermis</i>	21
<i>Hibiscus</i>	90
<i>Hispoleptis</i>	173
<i>Hydatothrips</i>	105
<i>Hyperaspis</i>	57
<i>Hypoconera</i>	45, 52
<i>Hypothenemus hampei</i>	18, 19, 27, 36, 47, 48, 77, 139, 140, 172, 181, 182, 184
<i>Isonychus</i>	48
<i>Labidus</i>	45
<i>Leptochloa filiformis</i>	86
<i>Leptochloa virgata</i>	57
<i>Linepithema</i>	45, 52
<i>Lucilia sericata</i>	59, 60
<i>Ludwigia</i>	57
<i>Macroductylus</i>	48
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	28, 49, 137
<i>Mahanarva trifissa</i> (Jacobi).	14
<i>Mangifera indica</i> Linn.	89
<i>Manihot esculenta</i> (Crantz)	186, 187
<i>Manopus biguttatus</i>	73
<i>Maruca</i> sp.	19
<i>Megachilidae</i>	49
<i>Mesorhabditis</i>	73
<i>Metarhizium anisopliae</i>	28, 73
<i>Microcephalothrips</i>	105
<i>Micrococcus</i>	65
<i>Mirmicinae</i>	41
<i>Mocis</i> sp.	19
<i>Monomorium pharaonis</i>	30
<i>Mulsantina mexicana</i>	10, 11
<i>Musa acuminata</i>	86, 161
<i>Musa</i> sp.	88
<i>Muscidae</i> ,	59
<i>Myrmicinae</i>	50
<i>Myzus persicae</i>	53, 54
<i>Nasutitermes</i>	38
<i>Nomuraea rileyi</i>	21, 127
<i>Octostruma</i>	52
<i>Odontomachus</i>	45
<i>Oebalus ornatus</i>	57
<i>Oebalus ypsilongriseus</i>	57
<i>Onthophagus</i> Latreille	102

<i>Onychiurus armatus</i>	103
<i>Opsiphanes</i> sp	158
<i>Orbitelar nephila clavipes</i>	65
<i>Oreochromis niloticus</i>	104
<i>Orius tristicolor</i>	25
<i>Oryza sativa</i>	88, 179
<i>Pachycondyla</i>	45, 52
<i>Pachycondyla impressa</i>	41
<i>Paecilomyces</i>	73
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	139
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	132
<i>Paecilomyces Trialeurodes vaporariorum</i>	132
<i>Panacanthus pallicornis</i>	99
<i>Panstrongylus rufotuberculatus</i>	114
<i>Papilionoideos</i>	84
<i>Paralucilia</i>	59
<i>Paratrechina fulva</i>	8, 103
<i>Paratrechina longicornis</i>	30, 65
<i>Paratrigena</i>	46
<i>Partamona</i>	46
<i>Passiflora ligularis</i>	89
<i>Pennisetum clandestinum</i>	135, 136
<i>Phanaeus MacLeay</i>	102
<i>Phaseolus lathyroides</i>	57
<i>Pheidole</i>	30, 45, 52
<i>Phtytoseiulus persimilis</i>	35, 40, 177
<i>Phyllophaga</i>	48
<i>Physalis peruviana</i> L.	109
<i>Phytonemus pallidus</i>	109
<i>Phytoseidae phytoseiulus persimilis</i>	43
<i>Plasmodium vivax</i>	121, 122
<i>Platythyrea</i>	104
<i>Plebeia</i>	46
<i>Plectris</i>	48
<i>Plutella xylostella</i>	37
<i>Podisus nigrispinus</i>	21
<i>Pogonomyrmex</i>	45
<i>Polybia nigra</i>	21
<i>Praon</i> sp	41, 49
<i>Premnotrypes vorax</i>	128
<i>Prionopelta</i>	104
<i>Probolomyrmex</i>	104
<i>Proceratium</i>	104
<i>Prodiplosis longifila</i>	59
<i>Prorops nasuta</i>	48
<i>Psectothrips</i>	105
<i>Pseudococcus jackbeardsleyi</i>	86
<i>Pseudomyrmecinae</i>	41, 45
<i>Pyralis dyar</i>	102
<i>Pyramica</i>	45
<i>Rhodnius prolixus</i>	63, 146
<i>Rhopalocera</i>	98
<i>Rhopalosiphoninus latysiphon</i>	25
<i>Rhopalosiphum</i>	21
<i>Rhopalurus</i>	102
<i>Rhopalurus laticauda</i>	64

<i>Saccharum officinarum</i> Linn.	88
<i>Sagalassa valida</i>	174
<i>Scaptocoris</i> spp.	206
<i>Scirtothrips</i>	105
<i>Scutothrips</i>	105
<i>Scymnus</i> Linn.	25
<i>Selenothrips</i>	105
<i>Sesbania</i>	57
<i>Silphidae</i>	59
<i>Simulium ignescens</i>	37
<i>Simulium romanai</i>	37
<i>Simulium sumapazense</i>	106
<i>Solanum betaceum</i> Cav.	89
<i>Solanum quitoense</i> Lam.	89
<i>Solanum tuberosum</i>	163
<i>Solenopsis</i>	30, 45, 52
<i>Solenopsis geminata</i>	47, 86
<i>Spasalus crenatus</i>	61
<i>Spodoptera frugiperda</i>	56, 127
<i>Spodoptera</i> sp.	19
<i>Staphylococcus</i>	65
<i>Staphylococcus aureus</i>	65
<i>Steinernema</i>	73, 77
<i>Steinernema carpocapsae</i>	130, 131, 132, 126, 145
<i>Steinernema</i> sp.	141
<i>Stencaetothrips</i>	105
<i>Stenocrates</i>	48
<i>Strumigenys</i>	52
<i>Sus scrofa</i>	59, 111
<i>Synedrella nodiflora</i>	86
<i>Tabebuia rosea</i>	7
<i>Tagosodes orizicolus</i>	179
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	30, 65
<i>Tarsonemus setifer</i>	109
<i>Tarsonemus</i> sp.	109
<i>Tecia solanivora</i>	9, 30, 58, 62, 100, 101, 129, 164, 163, 178
<i>Telenomus</i>	57
<i>Terebrantia</i>	105, 195, 196
<i>Tetramorium bicarinatum</i>	65
<i>Tetranychus urticae</i>	40, 177
<i>Thaumatomyrme</i>	104
<i>Thrips tabaci</i>	86
<i>Thygater</i>	20
<i>Tibraca limbatriventris</i>	57
<i>Tibraca obscurata</i>	57
<i>Tityus</i>	102
<i>Tityus fuhrmanni</i>	2
<i>Toumeyella</i>	108
<i>Trachymyrmex</i>	52
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	28, 44, 45, 53, 54, 152, 155
<i>Triatoma</i>	124
<i>Triatoma maculata</i>	117, 118
<i>Triatoma venosa</i>	26
<i>Trichogramma</i>	21, 57
<i>Trichogramma lopezandinensis</i>	30
<i>Trigona</i>	49

<i>Trigona sensus stricto</i> Lam.	108
<i>Typhlomyrmex</i>	104
<i>Ursinus</i>	73
<i>Verticillium lecanii</i>	73, 132
<i>Wasmania</i>	45
<i>Xenotarsonemus</i>	109
<i>Zabrotes subfasciatus</i>	24
<i>Zulia carbonaria</i> (Lallemand)	14
<i>Zulia pubescens</i>	14
<i>Simulium ignescens</i>	37
<i>Simulium vittatum</i>	7
<i>Simulium vittatum</i>	106
<i>Solanum betaceum</i> Cav.	41
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Lam.	33
<i>Solanum tuberosum</i>	163
<i>Solenopsis</i>	50, 49, 52
<i>Solenopsis geminata</i>	47, 56
<i>Solenopsis erratica</i>	61
<i>Solenopsis frugiperda</i>	109, 127
<i>Spodoptera</i> sp.	19
<i>Staphylococcus</i>	65
<i>Staphylococcus</i>	63
<i>Stenomacrus</i>	77
<i>Stenomacrus</i>	13, 17, 32, 36, 38
<i>Stenomacrus</i>	31
<i>Stenocetonyx</i>	102
<i>Stenocratus</i>	48
<i>Strumigenys</i>	52
<i>Styrocera</i>	50, 111
<i>Synaldisia neofara</i>	79
<i>Tabachia roae</i>	7
<i>Tapacodes ornithobes</i>	179
<i>Tarsonemus mesomacrus</i>	30, 65
<i>Tarsonemus setifer</i>	109
<i>Tarsonemus</i> sp.	109
<i>Tecta solanivora</i>	39, 50, 58, 62, 100, 131, 170, 164, 163, 178
<i>Telenomus</i>	37
<i>Tenebrantia</i>	105, 195, 196
<i>Tetramorium bicarinatum</i>	65
<i>Tetranychus urticae</i>	102, 7
<i>Thaumatomyrmex</i>	104
<i>Thrips tabaci</i>	93
<i>Thygater</i>	21
<i>Tibrata limbata</i> (ventris)	12
<i>Tibacca obscurata</i>	15
<i>Tityus</i>	12
<i>Tityus fulvimanis</i>	7
<i>Tomyxilla</i>	63
<i>Trachymyrmex</i>	22
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	28, 44, 43, 53, 54, 152, 155
<i>Triatoma</i>	124
<i>Triatoma maculata</i>	117, 118
<i>Triatoma venosa</i>	26
<i>Trichogramma</i>	21, 57
<i>Trichogramma topozandiniensis</i>	30
<i>Trigona</i>	49

SOCIEDAD COLOMBIANA
DE ENTOMOLOGIA
SAZONADA
BIBLIOTECA